

# Sound beam loudspeaker system

**Publication number:** CN1754403 (A)

**Publication date:** 2006-03-29

**Inventor(s):** ALEXANDER HOOLEY ANTHONY LENEL [GB] +

**Applicant(s):** 1 LTD [GB] +

**Classification:**


- international: **H04N5/64; H04R1/40; H04R3/12; H04R5/02; H04N5/445, H04N5/45**


- European: H04R1/40B; H04R3/12; H04R5/02


**Application number:** CN20048005038 20040224


**Priority number(s):** GB20030004126 20030224


**Also published as:**

 WO2004075601 (A1)

 US2006204022 (A1)

 KR20050101571 (A)

 JP2006518956 (T)

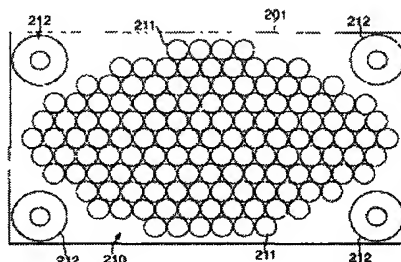
 EP1600035 (A1)

[more >>](#)

Abstract not available for CN 1754403 (A)

Abstract of corresponding document. **WO 2004075601 (A1)**

A loudspeaker system is described including an array of electro-acoustic transducers capable of generating steerable beams of sound and additional transducers adapted to reproduce low frequency sound being placed at the perimeter of said array.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480005038.2

[51] Int. Cl.

H04R 1/40 (2006.01)

H04R 3/12 (2006.01)

H04R 5/02 (2006.01)

H04N 5/64 (2006.01)

[43] 公开日 2006 年 3 月 29 日

[11] 公开号 CN 1754403A

[22] 申请日 2004.2.24

[21] 申请号 200480005038.2

[30] 优先权

[32] 2003.2.24 [33] GB [31] 0304126.6

[86] 国际申请 PCT/GB2004/000750 2004.2.24

[87] 国际公布 WO2004/075601 英 2004.9.2

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.24

[71] 申请人 1... 有限公司

地址 英国剑桥

[72] 发明人 A·霍利 U·R·莱内尔

A·G·古迪 M·R·谢泼德

I·A·比内克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨生平 陈景峻

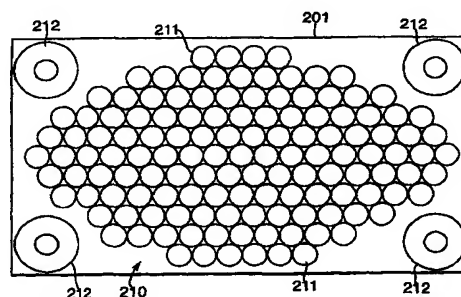
权利要求书 4 页 说明书 28 页 附图 13 页

[54] 发明名称

声束扬声器系统

[57] 摘要

描述了一种扬声器系统，其包括能够产生可操控的声束的电/声换能器和布置在所述阵列的周边适于再现低频声的附加换能器的阵列。



1. 一种包括阵列的扬声器系统，所述阵列包括：第一电/声换能器，其能够同时产生至少两个声束，而所述声束中至少一个是可操控的；以及低频换能器，适于再现低频声，布置在所述阵列周边的附近。

2. 权利要求 1 的系统，还包括滤波器系统，用于从将被第一换能器发射的信号中滤除低频成分，并将所述低频成分添加给将被低频换能器发射的信号。

3. 权利要求 1 或 2 的系统，其中，所述低频换能器是宽带换能器，适于在基本上包括第一换能器频率范围的频率范围上发射信号并是声束操控阵列的一部分。

4. 权利要求 1、2 或 3 的系统，其中这样布置所述系统以便位于阵列的左侧和右侧附近的低频换能器或者单独地或者与紧邻的第一换能器一起分别输出左、右通道。

5. 前述权利要求任一的系统，其中所述低频换能器是宽带换能器，适于在基本上包括第一换能器频率范围的频率范围上发射信号，并且其中这样布置所述系统以便位于所述阵列的左侧和右侧附近的低频换能器单独地分别输出左、右通道。

6. 前述权利要求任一的系统，其中，至少两个声束是环绕声信号的通道。

7. 前述权利要求任一的系统，其中，至少两个声束是两个或多个不同音频信号，使在相对于阵列的不同位置的观众，每个分别主要只接收所述不同音频信号中的一个。

8. 前述权利要求任一的系统，其中，在相邻的第一换能器之间的间距不是均等的。

9. 权利要求 8 的系统，其中，第一换能器之间的平均间距朝着阵列周边增大。

10. 前述权利要求任一的系统，其中，每个换能器的输出信号幅度根据窗口函数而变更。

11. 权利要求 10 的系统，其中，窗口函数向阵列周边逐渐缩小。

12. 前述权利要求任一的系统，其中，低频换能器的数量在 1 和 20 之间的范围内。

13. 权利要求 12 的系统, 其中, 低频换能器的数量在 1 和 10 之间的范围内。

14. 权利要求 13 的系统, 其中, 低频换能器的数量在从 1 到 4 的范围内。

5        15. 权利要求 14 的系统, 其中, 低频换能器的数量在从 1 到 2 的范围内。

16. 前述权利要求任一的系统, 其中, 最紧邻第一换能器的中点间距等于或小于对应于第一换能器最低声谐振频率的波长的一半。

10        17. 权利要求 16 的系统, 其中, 第一换能器阵列密集地填塞在低频换能器之间的区域。

18. 前述权利要求任一的系统, 还包括相移或补偿电路, 以补偿发生在换能器内的相移。

19. 前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列包括一个、两个或三个水平定向的行的第一换能器。

15        20. 权利要求 19 的系统, 其中, 所述低频换能器位于或靠近所述水平定向的行的末端。

21. 前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列包括中央区, 在中央区第一换能器以垂直错开方式排列。

22. 前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列一般具有椭圆形。

20        23. 权利要求 22 的系统, 其中, 低频换能器位于或靠近围绕椭圆形阵列的矩形的拐角。

24. 前述权利要求任一的系统, 其中, 第一换能器的数量少于 200 个。

25. 权利要求 24 的系统, 其中, 第一换能器的数量少于 50 个。

25        26. 前述权利要求任一的系统, 其中, 第一换能器的数量多于 5 个。

27. 前述权利要求任一的系统, 其中, 第一换能器数量多于低频换能器数量的两倍。

30        28. 前述权利要求任一的系统, 其中, 第一换能器数量多于低频换能器数量的四倍。

29. 前述权利要求任一的系统, 其中, 第一换能器数量多于低频换能器数量的十倍。

30. 前述权利要求任一的系统, 其中, 通过至少采用所述阵列的所述第一换能器通过延迟声音的复制信号并输出延迟的复本来可操控所述至少一个束。

5 31. 一种媒体系统, 其包括显示视频信息的系统和根据前述权利要求任一的音频系统。

32. 根据权利要求 31 的媒体系统, 其中, 显示视频信息的系统是电视系统。

10 33. 根据权利要求 31 的媒体系统, 包括: 媒体播放器, 提供视频和音频信号输入; 监视器, 显示所述视频信息; 以及根据权利要求 1 的扬声器系统, 再现至少两个可独立操控的声束。

34. 一种包括电/声换能器阵列的扬声器系统, 所述换能器能够同时产生至少两个声束, 而所述声束中至少一个是可操控的, 第一组所述换能器是高频换能器, 基本上不能发射低频声音, 第二组所述换能器是低频或宽带换能器, 能够发射低频声音; 所述系统包括滤波系统,  
15 从指定由高频换能器发射的信号中滤除低频成分, 并将所述低频成分添加给指定由低频换能器发射的信号。

35. 根据权利要求 34 的系统, 其中所述阵列是行阵列。

36. 根据权利要求 35 的系统, 其中所述第二组换能器位于所述行阵列的末端。

20 37. 一种包括以行阵列形式布置的多个换能器的扬声器系统, 其中, 换能器之间的平均间距朝着阵列末端增大。

38. 根据权利要求 37 的系统, 其中, 所述换能器是基本上不能够发射低频声音的高频换能器。

25 39. 根据权利要求 37 或 38 的系统, 还包括在阵列末端的低频或宽带换能器。

40. 根据权利要求 34-39 任一的系统, 其中, 所述阵列由一个、两个或三个水平定向的行的换能器组成。

41. 根据前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列的宽度至少是阵列高度的两倍。

30 42. 根据前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列的宽度至少是阵列高度的四倍。

43. 根据前述权利要求任一的系统, 其中, 所述阵列的宽度至少

是阵列高度的八倍。

44. 一种利用电/声换能器阵列生成声束的方法，所述方法包括：  
过滤指定用于高频换能器的信号，以便去除低频成分；以及  
将所述低频成分添加给指定用于低频换能器的信号。

5       45. 一种利用阵列为两个各自的听众产生两个声束的方法，所述方法包括：

向第一收听位置播送第一音频节目；

向第二、不同的收听位置播送第二音频节目。

46. 根据权利要求 45 的方法，其中，所述阵列是水平排列的行阵  
10   列。

47. 根据权利要求 46 的方法，其中所述行阵列包括具有平均间距  
朝着阵列两端增加的换能器。

48. 根据权利要求 47 的方法，还包括：

向其它各自的收听位置播送其它的音频节目。

15       49. 根据前述权利要求任一的方法和系统，其中，所述第一或高频换能器的直径小于 50mm。

50. 根据前述权利要求任一的方法和系统，其中，所述低频换能器的直径大于 50mm。

20       51. 根据前述权利要求任一的方法和系统，其中，所述低频换能器的直径大于 100mm。

52. 根据前述权利要求任一的方法和系统，其中，所述低频换能器的直径至少是所述第一或高频换能器的直径的两倍。

25       53. 根据前述权利要求任一的方法和系统，其中，位于阵列中央中或靠近阵列中央的一个或多个所述第一或高频换能器由能够基本上再现低频的宽带换能器所代替。

## 声束扬声器系统

## 技术领域

- 5 本发明涉及一种包括能够产生可听声束的电-声换能器阵列的设备。更具体而言,本发明涉及这种阵列设备,其能够接收多音频或多通道音频的输入信号,并在适合于家庭娱乐或专业的声音再现应用的电平上独立地产生可操控(steerable)和可聚焦的可听声束。

## 背景技术

- 10 近年来,多通道立体声已经广泛应用于音频/视频系统。技术趋势已不同于常规的立体声再现系统,趋向声场动态地(和有意地)移向听众旁边和后面的“环绕声”技术。

- 为了提高听众所察觉的特征,已知的多通道声音再现系统包括一个或多个除左和右(以及最佳地,中央)声道之外的环绕声通道(过去通常称为“环境(ambience)”或“特殊效果”通道)。现在,这些系统在运动图象剧院中已相对普通,并且在消费者家庭中变得越来越普遍。这种系统在消费者家庭发展的驱动力是环绕声家庭视频软件的广泛适用性、主要为剧院放映而制作的并随后传向家庭视频媒体(例如,数字化视频光盘(DVD)、视频盒式磁带、视频磁盘、和广播或有线电视)的环绕声运动图象(电影)。

- 20 在声音以这种方式再现的情况下,即:提供在听众后面延伸的声场,或定位在听众后的声音图象,为了左和右通道再现,两个(前)扬声器被安排在听众的左和右前方,为了环绕或后面通道再现,至少一个或两个后部扬声器额外安排在听众的后面。另外,现代环绕声系统可包括排列在左前方和右前方扬声器之间的听众前面的中央扬声器。为改善声音质量,音频信号的低频部分被指向附加的重低音喇叭。重低音喇叭对于听众的精确位置,对环绕声系统的总性能并不关键。

- 25 然而,在普通家庭,难于在一个房间内摆放5到6个扬声器。由于新环绕声系统通常不兼容任何现存的立体声系统,用户要选择是在一个房间拥有两套共存的系统(扬声器数量上升到7个或8个),还是丢弃旧系统。这显然无法令人满意,近年来试图减少产生环绕声的扬声器的数量,或试图至少在新环绕声系统与任何遗留的立体声设备

之间提供更好的集成。

在共同拥有的公开国际专利申请 No. WO 01/23104、WO 02/078388 和 WO 03/034780 中，描述了目标在于减少硬件部件数量的最先进的系统。在 WO 01/23104 中，换能器阵列产生若干可独立操控的声束。

- 5 工作中，使声束对准听众左边和右边的反射面或墙合适位置，并指向听众身后的左墙角和右墙角。反射的声音以非常象从安放在那些位置的扬声器发出的方式，向收听位置即所谓的“最佳听音位置”聚合。因此，该系统消除了房间一个以上的位置安放扬声器的需要。

- 10 尽管对许多应用感到满意，但仍需要减少阵列换能器的数量，要求在保留足够品质的声音再现的同时，考虑它们的音响性能。而且，希望减少这种系统的总体尺寸，以便安装在较小的房间内。

因此，本发明的目的在于改进 WO 01/23104 的装置，以便生产能够从单个围绕的场地产生环绕声并减少换能器尺寸和数量的系统。

#### 发明内容

- 15 在所附权利要求中，描述了本发明。

- 根据本发明的第一方面，提供一种用于响应音频输入信号来产生多个环绕声声道的音频系统，包括：放大器系统，适于接收环绕声输入信号；以及电/声换能器，布置成相控阵列，并适于基于所述环绕声输入信号发出环绕声，所述阵列包括多个高频换能器和布置在所述阵列周边的一个、两个或更多低频换能器。

- 20 阵列应理解为是换能器的空间布置，在换能器之间具有预定的间距或距离，这些换能器通常全部面对，远离该阵列的平面。通过延迟单个或成组的换能器的驱动信号，例如如上参考专利申请 WO 01/23104 和 WO 02/078388 中所描述的，操控本发明阵列的相位。优选在平面阵列内布置阵列的换能器，全部换能器布置在单个壳体或安装框架的前板上。

- 30 低频换能器的特征在于，与构成阵列大多数的其它阵列换能器的高频性能相比，具有改进的低频再现性能。通常更好的低频再现可以定义为在较低的频率范围内具有较高的音频输出功率电平（SPL），或通过具有较低的截止频率来定义。而且，作为一般规则，降低频率的换能器或“低音喇叭”与该阵列的其它换能器相比，在工作中推动更大量的空气，因此要么具有更大的振膜直径，要么具有更大的换能

器行程 (transducer travel)，或二者兼之。

5 低频换能器的数量低于构成阵列大多数的高频换能器的数量，优选相差 5 或甚至 10 或甚至 50 的因数。高频换能器或阵列换能器的绝对数量优选在 200 个以下，更优选在 150 个或甚至 120 个以下。具体而言，在不要求或不需要垂直操控的情况下，阵列换能器的数量可以在 50、30 或甚至 20 以下。对产生可操控声束的最小限制优选多于 5 个，更优选多于 8 个，以及甚至更优选多于 12 个。低频换能器的数量优选少于 20 个，更优选少于 10 个，以及甚至更优选少于 7 个。

10 在优选的变型中，高频换能器紧密相隔，而两个低频换能器之间的最近距离较大。相邻高频换能器的中心点之间的优选平均距离为 50 mm 或更低，而相邻低频换能器的中心点之间的距离优选是大于 100 mm 或甚至大于 400 mm。

15 尽管优选只使用两组换能器，但是可以设想本发明的变型使用第三组或更多组换能器来再现中频。该阵列还可以与不属于该阵列部分的常规重低音喇叭一起使用。由于这种变化，上述特征的描述被应用于那些构成阵列大多数的换能器和那些最适于再现低频成分的阵列换能器。

20 为了最佳利用低频换能器，本发明优选包括低通滤波器 (LPF) 系统，其过滤输入信号，从而提供低频换能器的一个或多个驱动信号。优选将 LPF 实现为频率交叉 (frequency crossover) 系统，从将由高频换能器发出的信号中减去低频成分，并指引该低频成分主要用于由低频换能器进行再现。

25 因此，阵列换能器的大多数不用于再现低频成分的主要部分功率，并且可以改变它们的主要参数，以进行针对高频再现的优化。可以在宽范围的频率中选择交叉频率。

可以发现，通过将阵列换能器布置在近似椭圆形的阵列中，并增添比那些构成阵列大多数的换能器更好的低频再现的换能器，其中这种低频换能器围绕所述阵列的周边安放，可以减少生成可操控的可听声束所需的换能器的数量。

30 近似椭圆形包括：分散的卵形，其中每行和每列的换能器数量朝着阵列中部增加；以及经由诸如六边形或八边形之类的多边形的椭圆形的近似。

卵形或伪卵形阵列的优选纵横比大约为 7:4; 另一优选纵横比大约为 16:9。这两种情况下, 长轴的优选排列方向为水平方向。

然而, 在换能器数量少的情况下, 椭圆形简并 (degenerates) 为阵列, 其基本上是具有一个、两个或三个水平行的阵列换能器的行阵列。这几行可以错开, 形成三角栅格, 以便降低换能器之间的距离。

在另一变型中, 椭圆形包括基本上是具有一个、两个或三个水平行的行阵列的阵列, 还包括中心区、中心带、中心间隙, 在那里阵列的高度超出沿阵列的边缘或边翼测量的额定高度。换言之, 该阵列具有比其余阵列更宽的中心二维群 (2-dimensional cluster)。

10 尽管可以以多种方式布置低频换能器, 例如在阵列之上或之下、或到阵列左边和右边的行, 但是它们优选安放在围绕该卵形阵列的矩形拐角内。将低频换能器布置在椭圆或卵形阵列的矩形包络线的拐角内, 利于对单个前面板上可用区域的最佳使用。

在本发明的另一优选变型中, 低频换能器可以用于再现环绕声输入的中央通道。通过低频换能器再现的中央通道可以是专用的。在这个和另一情况下, 低频换能器优选还是宽带换能器, 覆盖大多数或全部的声谱。

如果使用了两个、三个或更多的低频换能器, 则它们可以被视为构成一个子阵列, 并且其中这些低频换能器靠近系统的边缘或拐角, 20 它们具有相当大的相对物理范围, 因而能够形成低频的声束。

在低频换能器位于阵列四个拐角, 即在每个拐角处有一个或多个低频换能器, 并且全部或大多数低频能量从这些低音喇叭发出的变型中, 将发现来自均等分布的主换能器阵列的不同发射穿过该阵列的整个孔径 (aperture) (忽略此刻可以提供的任何窗口函数), 此低频子阵列具有全部或大多数集中在这些边缘的能量。这样的效果是, 25 使从隔得很开的拐角布置的换能器子阵列发出的声束, 比从同一物理范围的均等照射开口发出的明显更窄。因此, 具有拐角换能器的结构增强了可达到的可用低频声束的紧密性, 超过并在均等阵列结构之上, 以及具有非常明显的成本优势。在具有低频换能器处于每个行的末端的行阵列中, 可以实现类似的优势。

30 一旦意识到这一优势, 还可以明白, 通过将到不同的低频换能器的低频信号适当地延迟相应的时间, 可以操控和/或聚焦低频声束, 仅

以与主高频换能器阵列操控和/或聚焦其余频率相同的方式（但也许达不到相同程度的紧密性）进行。

子阵列的操控、聚焦和声束收紧，可以结合上述中央通道的再现以及主换能器阵列声束的操控来完成。通过在到达每个低频通道的信号路径中使用适当成形的低通（LP）过滤器功能，阵列中在供给低频换能器的任何指定频率上的信号电平与供给高频换能器的电平比率可以变化，以便最大化结合主阵列驱动低频换能器的声束收紧效果，以及最小化由低频换能器与高频换能器之间的间距（必须大于高频换能器彼此的相邻间距，这是因为低频换能器的直径较大）所引起的栅格旁瓣（grating sidelobe）的电平。

在本发明尤其有利的变型中，包括低频换能器至少到它们的有效振膜区域外周边区域的阵列边界，通过低频交叉来确定。在此变型中，阵列大小（长度、宽度或直径）等于或小于交叉频率波长的一半。

可替换地，尤其在超出较宽频率范围扩展（spread）交叉的情况下，交叉频率可以用音频带中高频换能器的第一谐振  $F_0$  来进行技术定义。低音喇叭之间的距离设为  $0.5 c / F_0$ （ $c$  是声速）或更小。出于最实用的目的，计算时  $F_0$  可以用高频换能器  $F_c$ （截止频率）替换。

通过用高频换能器均匀地填充在如此放置的低频换能器之间的空间或区域，可以进一步降低旁瓣。

在本发明的另一实施例中，通过放大（或使用均衡级）减少潜在的旁瓣，以便保持超过低于  $F_0$  或  $F_c$  频率的范围的高频换能器的近似相等或“平直（flat）”的响应，同时补偿低音喇叭输出信号和高频换能器输出信号之间的相移。优选地，此变型在抵达低音喇叭的信号路径中包括相移滤波器，以便确保低音喇叭的播放经受与高频换能器相同的相移。

在本发明的另一实施例中，如下所述，最大低音喇叭间隔应当  $< 0.5 c / F_0$  的限制可以放松，而不会引起强烈的栅格旁瓣。如果包括位于和围绕阵列中央的主阵列的一小部分换能器，用具有更低的谐振频率（称作  $F_0'$ ）的更宽频带的换能器替换，从而使主阵列的中央部分能够提供相当大的低于  $F_0$  的频率的音响功率输出，并至少下降到  $F_0'$  或更低（称为  $F_L$ ），以及使用了补偿均衡滤波器，则低音喇叭可以用同  $c / F_0' \gg 0.5 c / F_0$  一样大的距离隔开。很明显，这一主阵列子集的

交叉频率应当降低到  $F_0$  以下, 降到  $F_0'$  或甚至  $F_L$ 。降低栅格旁瓣的途径可以通过插入一个以上的替代宽带阵列换能器的补丁 (patch) 来扩展 (extend), 这些斑点优选跨主阵列的宽度和高度近似均匀隔开, 这取决于使用多少补丁。然后, 还仍可以增大低音喇叭的间隔。

- 5 此外, 优势在于通过阵列非均等地布置阵列换能器, 优选朝着阵列周边使用更宽的间距。这具有降低不期望的旁瓣的效果。

通过使用使阵列边缘平滑的窗口函数, 还可以改进由阵列生成的声束的束质量。远离中心带逐渐缩小的合适的窗口函数, 例如是余弦窗口、Hanning 窗口或其它类似的窗口函数。

- 10 优选地, 窗口函数通过用系数加权换能器的输出幅度来实现, 该系数取决于该换能器在阵列内的位置。

- 因此, 本发明可以用于紧凑的环绕声系统, 能够从常规电视机大小的壳体中在听众位置上产生真实的环绕声环境, 能够使用高频阵列、继而相对便宜的换能器和有限数量的低频、继而相对昂贵的换能器, 全部换能器置于该系统的正面。电视监视器能够安放在该系统的上面或下面, 形成能够同时再现视频和音频数据的单元, 或者, 能够直接与该换能器阵列组合, 通过共享电源供应单元和壳体工件 (casework), 进一步降低成本并减少外部的连线和连接。
- 15

- 可替换地, 声束操控能力可以在“双通道”模式下使用, 将两个或更多不同声源的音频通道投射成两个不同的方向。此替换实施例可用于组合分画面或多窗口的电视机, 其中与每个窗口相关的音频信号可以投射到不同的方向, 例如朝向不同的观众。
- 20

- 针对性能和 (低) 成本选择高频换能器。优选地, 该换能器的有效辐射直径处于 10-50 mm 的范围, 优选处于 20-40 mm 的范围。这种换能器适用于家居或其它室内 (例如办公室) 装置的声音系统。在扬声器 (Sound Projector) 被设计用于更大的地点, 例如剧院, 或作为公共寻址系统, 可以使用更大的阵列换能器, 例如 50mm 或更大的直径, 或者甚至 100 mm 或更大的直径。
- 25

- 本发明的阵列优选是平面的 (即全部换能器位于同一平面) 或准平面的 (即这些换能器基本上位于同一平面, 或布置在可以出于实用目被认为是平面的结构中)。这些换能器中的每一个优选具有垂直于阵列平面的法线轴, 并平行于阵列中其余换能器中每一个的法线轴。
- 30

本发明还包括一种包括电-声换能器阵列的扬声器系统，该换能器能够同时产生至少两个声束，而所述声束中至少一个是可操控的，第一组所述换能器是高频换能器，基本上不能发出低频声音，第二组所述换能器是低频或宽带换能器，能够发出低频声音，所述系统包括滤波器系统，其从指定由高频换能器发出的信号中滤除低频成分，并将所述低频成分添加给指定由低频换能器发出的信号。

这一布置允许不很贵的高频换能器组成阵列的主体，并使用较少组低频或宽带换能器输出全部低频信号。这些换能器优选处于阵列的周边，使低频声束的指向性最大化。

在简单低成本的变型中，阵列优选是具有一个、两个或三个水平行阵列。这允许在水平面内指引声束，而垂直方向中的指向性几乎没有。

本发明还包括包含以行阵列形式布置的多个换能器的扬声器系统，其中，换能器之间的平均间距朝着该阵列的末端增大。

换能器的非均等间距允许旁瓣功率的有益降低，其特别利于双通道的应用。

本发明还包括使用电-声换能器阵列产生声束的方法，所述方法包括：过滤指定用于高频换能器的信号，以便去除低频成分；以及，将所述低频成分添加给指定用于低频换能器的信号。

而且，本发明还包括一种使用水平排列的行阵列为两个各自的听众产生两个声束的方法，所述方法包括：将第一音频节目指向第一收听位置；以及将第二音频节目指向第二、不同的收听位置。

参照下列的示意图，本发明的这些和其它方面将从下列对非限制性示例的详细描述中显现出来。

附图说明

图 1 示出了已知换能器阵列系统的正面。

图 2A 到 2J 示出了根据本发明变型的换能器阵列系统的正面；

图 3A 是换能器阵列系统主要功能元件的框图；

图 3B 是换能器阵列系统驱动器部分元件的框图；

图 4 例示了换能器阵列系统的交叉系统；

图 5 示出了图 1 中已知声束扬声器系统与图 2A 中新颖声束系统的束质量的模拟对比；

图 6A~6G 是示出了使用窗口函数和非均等换能器间距可以达到的效果的图表;

图 7 例示了根据本发明的系统的使用; 以及

图 8 是向不同用户提供不同音频信号的扬声器的俯视图。

5 具体实施方式

参照图 1, 示出了已知换能器阵列的扬声器系统的正面 100。在下面, 根据本发明变型的此系统和新系统, 通常将称为“扬声器 (Sound Projector)”。

10 图 1 的已知扬声器系统包括由 254 个换能器 111 构成的阵列 110, 每个换能器的直径为 35 mm。这些换能器布置在具有矩形包络或周围的三角形栅距的栅格上。阵列 110 自身安装在矩形的基板 101 上。该基板的总尺寸为 900 mm 长、522 mm 高。换能器 111 标称等同具有穿过声谱大多数的良好声音再现。在给定它们小振膜尺寸的情况下, 移动线圈系统的行程需要加大, 以实现足够的功率, 因而已知设计中所用的  
15 换能器 111 相当难制造并相对昂贵。

先有技术提供了均等相隔的宽带换能器的二维阵列, 用于产生一个或多个可操控的声束, 反过来用于再现一个或多个通道音频信号的一个或多个通道, 例如立体声或环绕声。通过插入跨阵列的每个换能器的时间延迟来操控声束, 并且通过线性叠加生成来自指定阵列的多个同步束。然而, 这种可操控布置要在技术上和商业上成功实施, 必须克服几个问题, 描述如下, 其中:

20

定义:

DSP          数字扬声器, 是多声束、可操控声音的相控阵列扬声器的具体实施。

HF          高频 (即, >2-4 kHz)

LF          低频 (即, <300-500 Hz)

MF          中频 (介于 LF 和 HF 之间)

有待解决的一些问题是:

- 实现低成本/复杂性的良好指向性
- 25 - 实现具有少量换能器的低旁瓣电平
- 实现低成本的良好 LF 性能
- 使有效 DSP 小得足以放入电视显示器的箱体内部

- 能够以较低成本获得同步双通道音频性能

#### 换能器的数量和布置

组成阵列的换能器的数量与阵列面积成比例，与换能器之间的间隔的平方成反比例。不需要的束旁瓣（栅格旁瓣）由临界频率  $F_c$  以上频率的阵列产生，其中  $F_c$  是声波频率，其波长级（order）与换能器之间的间隔相同。这些栅格旁瓣的密度与所需的主束相同或相似，并且束宽相似（窄），因此不轻易被忽略。为了最小化这些栅格旁瓣的有害影响，换能器之间的间隔必须尽可能的小，以使  $F_c$  尽可能的高。理论上， $F_c$  将  $> \sim 20$  kHz，即在可听性之上，但是这必须使换能器间隔大约为 17mm 或更少，其中该间隔是以 20 kHz 的声音在空气中的波长级。

对于平面或弯曲的二维阵列，换能器间隔的这一上限确定了换能器直径的上限，这仅是因为较大的换能器物理上将无法放入该阵列。具有指定性能（例如，dB/W @ 1m 的灵敏度、最大功率性能和带宽）的换能器的成本和复杂性非常快速地增长，由于降低了它的物理尺寸，部分因为低频灵敏度与振膜面积的平方成正比，并且从小振膜输出大的 LF 必须使行程非常大，反过来要么需要非常长的磁隙，要么需要非常长、沉并低效的线圈。

对于指定的换能器类型，阵列的成本和复杂性及其驱动电子线路， $C$ ，近似随所需换能器的数量线性增大。在分析式中，二维阵列的特征包络尺寸宽度  $W$  和高度  $H$ （无论实际上是否是矩形），面积  $A$  是：

$$A = kWH$$

（其中，矩形阵列  $k=1$ ，其它形状例如椭圆形阵列  $k<1$ ）。如果  $c$  是声音在空气中的速度（ $\sim 340\text{m/s}$ ），以及  $F_h$  是阵列所操控的没有不需要的旁瓣的最高频率，则换能器间隔  $S$  应当遵守：

$$S \leq c/F_h$$

（其中  $c/F_h$  是频率  $F_h$  的声音在空气中的波长）。注意，此结果适用于当束受到沿阵列轴垂直于阵列操控时的情况。由于束受控离开轴偏离某个角度  $b$ ，则旁瓣将首先出现大约垂直于阵列轴的方向，并且  $S$  将必须进一步降低，以消除旁瓣。当束离开轴转 90 度时，则  $S$  必须满足  $S \leq c/F_h$ ，以便防止任何栅格旁瓣。下文中，我们只考虑  $b = 0$ 、束

处于轴上的情况，但是类似于上面的考虑仍旧适用。

于是，阵列中换能器的大约数量  $N$  由下式给出：

$$N = k (W/S) (H/S)$$

并在每个尺寸中凑整到最接近的完整换能器

$$N = k \text{ Round } (W/S) \text{ Round } (H/S)$$

（其中， $\text{Round}(x)$  相当于适当的舍入函数，将它的自变数减少到临近的整数）。

最后，我们回顾上述内容，成本  $C$  与换能器的数量  $N$  成正比：

$$C = jN$$

其中， $j$  是某些近似的比例常数。因此将发现，需要的换能器数量  $N$  与  $k$ 、 $W$ 、 $H$  和  $F_h^2$  近似成比例（因为  $S < c/F_h$ ）。

同时，阵列的束操控性能与其范围即  $W$  的更大值（较窄的可能水平束宽）和  $H$  的更大值（较窄的可能垂直束宽）成正比。而且， $S$  值越小（继而  $F_h$  值越大），没有不需要旁瓣的最大可控频率越高。因此性价比是对使这些数值更小和更大的综合考虑。不存在“最优”方案——只有一组针对较高或较低成本给出的较高或较低的性能。

应当注意，（仅仅）为了说明的简便，假设在上文中，换能器布置在水平和垂直的矩形（实际为正方形）栅格。更实用的均等换能器布置是可能的，包括矩形栅格放置，按照使任何产生的旁瓣的不需要效果最小化选择栅格的方向。在每个这种的栅格布置中，提供了不同但相似的格式，其全部包含在本发明中。为清楚起见，只描述正方形栅格布置。

只是出于例示的目的，将给出一些示例的数字。一个示例的矩形的正方形栅格阵列具有  $W = 800 \text{ mm}$ 、 $H = 600 \text{ mm}$  的近似尺寸，并且选择大约  $8 \text{ kHz}$  的  $F_h$ （全范围操控性能对适宜的非常小直径的换能器的适用性的折衷）。然后，

$$S < c/F_h$$

$$\text{所以 } S < 340/8000 \sim 42.5 \text{ mm}$$

出于实用的目的，选择  $S = 40 \text{ mm}$ 。那么，当正方形栅格阵列  $k = 1$  时，

$$\begin{aligned} N &= k \text{ Round } (W/S) \text{ Round } (H/S) \\ &= \text{Round } (800/40) \text{ Round } (600/40) \end{aligned}$$

$$= 20 \times 15 = 300$$

所以这种阵列应需要大约 300 个换能器、驱动每个换能器的单独放大器（总共 300 个）和非常多的信号处理信道（取决于输入音频源通道的数量）来驱动驱动 300 个放大器阵列。这显然是一个复杂和昂  
5 贵的系统。

为了再现仅仅是立体声的信号，或者再现立体声信号仅加上中央通道，通过模拟、分析和试验发现：具有窄水平尺寸的声束工作较好（当左、右通道声音从左、右墙（或收听区域的其它反射物）弹开时），而且垂直束宽对成功再现相对不重要。因此，为了降低对音频性能影  
10 响低的阵列的成本和复杂性，相对于 W 尺寸（宽度）可显著地降低 H 阵列尺寸（高度），因而降低该阵列的成本和复杂性，并且近似成正比地减少它的电子驱动器。在此限制下，H 可以降低到该值，其中

$$\text{Round}(H/S) = 1$$

但不会进一步降低，由于 H 尺寸必须至少与所用阵列换能器的垂  
15 直范围一样大，那么，垂直阵列束宽近似与个别换能器的束宽一样宽，这基本上是一“行”换能器。

取决于所用的阵列栅格模式，这些换能器将不必成一直线，例如在使用了三角形栅格时。在此限制情况下，成本 C 为：

$$C = jN = jk \text{ Round}(W/S) \text{ Round}(H/S) = jk \text{ Round}(W/S)$$

20 还可以通过模拟、分析和试验发现通常可以用这种高度降低的阵列或 RHA 来成功再现全环绕声。这些阵列的  $H \ll W$ ，例如， $H < W/4$  或甚至  $H < W/8$  或更低，或者  $H \sim S$ ，即垂直尺寸近似等于换能器的水平间距。这种阵列产生窄水平声束而不是宽垂直声束，在以下情况成功产生环绕声，即收听环境在收听区域两侧中的一侧具有足够的空间，足以指  
25 引垂直扇形的束（即水平上窄的、垂直上宽的）通过听众，而他们不会在垂直扇形声束朝着侧墙的后部和/或收听区域的后墙出来的路径上收听到，从而垂直扇形声束接着从该侧和/或后墙弹开，并从听众身后返回到听众，产生环绕声所需的效果。

因此一方面，本发明提供了相对低成本的可接受的性能。

30

#### 换能器的大小和选择

如上所述，小直径的宽带阵列换能器（即覆盖 LF ~ HF）又贵又难

于制造,尤其为了覆盖 LF 端,由于它们随后需要非常大的偏移,所以阵列作为整体,又贵又不适于广泛的消费者使用。

针对此问题的解决方案是添加一个或多个 LF 换能器,全部 LF 音频成分通过这些换能器再现。然后,需要其余的阵列换能器只再现中  
5 频和高频,并且简单低成本的换能器足以。优选地,LF 换能器(“低音喇叭”)布置在阵列周边、恰好阵列周边之内和围绕阵列周边。这些换能器用于再现来自即将再现的全部音频通道的全部的 LF 信号成分(在此上下文中,LF 意味着约低于 300-400Hz)。

为了良好的 LF 再现,低音喇叭通常将具有大于阵列换能器的直径。  
10 在阵列周边布置低音喇叭,避免了干扰阵列换能器的密集均等间距,因而避免如果低音喇叭布置在阵列主体内而出现的额外不需要的栅格旁瓣。

LF 成分的分配可以以多种方式完成。在最简单的情况下,LF 成分从每个音频输入通道中滤出,并分配给一个或多个低音喇叭。改进之  
15 处在于将来自左前和左后通道的 LF 音频成分分配给一个或多个安放在阵列左边的低音喇叭,将来自右前和左后通道的 LF 音频成分分配给一个或多个安放在阵列右边的低音喇叭。这增强了音频信号的左/右间隔。在这种布置下,中央通道的 LF 音频成分可以有利地在面向阵列左、右边安放的低音喇叭之间粗略地平均分配。在另外的改进中,中央通道的 LF 成分可以改为,全部或部分地分配给一小组在或靠近阵列中央的  
20 适于宽带 LF 的阵列换能器。然而,这种中央 LF 阵列换能器如果不干扰所需的阵列换能器间距,则必须将具有小的直径,并因此极可能比其余的阵列换能器更昂贵和/或更复杂。

#### 25 正前通道

当阵列放在或靠近收听房间的拐角(与一个墙壁的中部相对)时,更难于发现代表前左和前右(立体声或环绕声)通道的声束的合适回弹点从而包括从正确方向(即从前左和前右位置)到达听众的束轨迹。

针对此问题的解决方案是在阵列周边、恰好阵列周边之内或围绕  
30 阵列周边,添加至少两个较大的 LF 换能器,但显著地布置在阵列的左侧和右侧,并且只使用这些换能器(即不使用阵列的其余换能器)(分别)再现前左和前右通道的整个频谱。

有利之处在于，如果这些 LF 换能器还能够全音域响应（即 LF ~ HF，其中 HF 指高达 15 kHz 到 20 kHz）。优选地，用于此目的的 LF 换能器是宽带换能器，例如装有“高音副盆（whizzer cones）”的低音喇叭。

可替换地，如果更大的 LF 换能器不能再现全音域前左和前右音频通道的带宽，则他们可以与最靠近每个 LF 换能器的一个或多个阵列换能器结合使用，而带宽分离器滤波器向左、右 LF 换能器分别指引左、右通道的 LF 成分，并向相应的临近/最接近的一个或多个阵列换能器指引上述 LF 成分。在此方式下，前左通道明显从阵列的左边缘发出，前右通道明显从阵列的右边缘发出，给出了双或多通道源的正常 L 与 R 立体声成分的合适再现。

此方法用得越好，LF 换能器的物理间隔越宽，尤其在结合当今的 28”到 40+”可视显示屏用于连同图像一起再现声音时。然而，其还适用于 LF 换能器更小的间隔。还可以借助于任何本领域公知常规的宽立体声信号处理算法，提高由听众感知的左/右声级空间间隔。

#### 非均等阵列

对于诸如电视机之类的音量非常高的大多数消费设备，环绕声高度降低的阵列的成本和复杂性可能仍然太高。对于这种可观看的设备，必须尽可能地减少换能器、驱动放大器和信号处理通道的数量，以便最小化成本，同时仍然保持尽可能高的前左、中央、前右和后左与后右通道的间隔。当该应用例如是宽屏电视（例如，42”的等离子屏幕），理想的是使阵列近似与屏幕一样宽，从而全部的前通道声音可以近似遍布整个屏幕的宽度。给出最大允许的换能器间距 S（如上所述，为防止不需要的栅格旁瓣），意味着换能器的最小数量  $N \geq \text{Round}(W/S)$ ，这使商品化的总成本  $C (= jN)$  太大。实际的示例：假设 42”对角线的 16:9 方向比的显示屏，所以  $W = 930 \text{ mm}$ 。如果出于声学 and 选择换能器的原因  $S = 40 \text{ mm}$ ，则应当需要高度 H 与屏幕相同即  $H = 523 \text{ mm}$  的全二维正方形栅格的阵列。

$$\begin{aligned} N &= k \text{ Round}(W/S) \text{ Round}(H/S) \\ &= 1 \times \text{Round}(930/40) \text{ Round}(523/40) = 23 \times 13 \\ &= 299 \text{ 个换能器} \end{aligned}$$

即使在二维阵列的高度 H 已经降低到一个换能器的高度的有限情

况下（在此正方形栅格示例中），仍将需要

$$N_{\min} = \text{Round}(930/40) = 23 \text{ 个换能器}$$

以及 23 个驱动放大器和许多信号处理通道（例如，对于 5 通道的立体声束系统，最少  $5 \times 23 = 115$  个信号处理通道）。

- 5 现描述针对此成本/复杂性问题的潜在解决方案。首先采用上述的方法，阵列换能器可以与非 LF 的低成本设备、在阵列左右边缘用以再现 LF 音频分量的至少一对更大直径的 LF 或宽带换能器、可能还与（用于立体声和/或环绕声的）全前左和前右通道一起实现。然而，即使在有限高度的情况（阵列是 1 个换能器高）下，这些技术仍需要有效数
- 10 量的阵列换能器，针对此示例，仅在 LF 换能器之间给出了最小数目的另外 21 个（或左右）阵列换能器。增大阵列换能器的间距  $S$ ，将降低成本和复杂性，但是增大换能器间距  $S$  超过 40mm 的设计目标将产生不可接受的围绕且在 8 kHz 以上的全幅度旁瓣，其可常常在意欲预定的束方向躲避一个或多个或所有听众（例如，意欲只在一个或多个墙壁
- 15 或顶篷回弹后听见左后或右后通道束）时，直接指向听众。

- 解决方案是将换能器的数量降到经济上可接受的数量，即  $N_{\text{red}} < N_{\min}$ ，但是代替通常的使用均等换能器之间间距，使换能器之间间距不均等，并具体使在成对的临近换能器之间的间距随这对换能器离阵列中央的距离而进一步增加。效果在于‘擦掉’栅格旁瓣，降低
- 20 它们的最大的幅度并因此降低它们的有害值。

- 有许多方法可以实现此效果，其中的一些方法在此方面是有益的，其中它们允许较小总数的换能器在给定长度（或高度）或全部阵列尺寸上排列，同时避免生成不必要的全幅度栅格旁瓣束。下面描述了一种特别有益的方案，其中描述了用于阵列重要尺寸之一（例如，正方形/矩形阵列的宽度或高度，或三角形阵列的三个主要方向之一）的处
- 25 理过程：

i) 首先决定在这一尺寸的阵列中是否使用偶数或奇数数量的换能器；

- ii) 如果是偶数，则第一（中央）对换能器将关于（这一尺寸的）
- 30 阵列的中心线平均隔开；如果是奇数，则第一换能器放置在这一尺寸的阵列的中央；

iii) 接下来，如果是奇数，则分配剩余的换能器，或者如果是偶

数, 则分配全部的换能器, 从而沿这一尺寸的平均阵列幅度密度, 使用均等驱动的换能器, 近似于有效孔径照明函数, 例如矩形、余弦、Hanning、Hamming、高斯等。下面描述一种用于确定这种间距方案的方法。

- 5 刚刚描述的方案的变型, 使用了对一个或多个换能器提供的不同的功率电平 (也许因为存在具有较大或较小功率处理能力的不同换能器, 例如当一个在或靠近这种阵列末端的换能器是低音喇叭, 而且可能是宽带低音喇叭): 在这一变型方案中, 相同的目标在于 - 即, 具有对出于这些其它原因所选择的各个换能器的特定功率或幅度分配,
- 10 通过适当隔开换能器, 使阵列的平均局部幅度密度紧紧遵循所需的孔径照明函数, 并且通常, 幅度较高的换能器变得比其它情况下更进一步远离它们的相邻的变换器隔开, 具有降低的幅度的换能器变得更靠近它们的相邻的变换器隔开 (即, 与初始非变型方案中的情况相比)。

- 这种分配间距的方案的关键优势在于, 它将由规则阵列产生的窄的全幅度有规则地隔开的栅格旁瓣 (在它的临界间隔频率之上), 改变为宽的低幅度分布式隔开的旁瓣, 因此其不特别 “指向” 任何一个方向, 并因此很少对听众的知觉起产生旁瓣 “之内” 的影响。
- 15

- 现描述一种根据上述方案选择非均等阵列换能器间距的有利方法。出于简单明了的目的, 描述具有均等换能器幅度的一维阵列结构, 但是该方法可容易地普及到具有非均等换能器幅度的二维或多阵列结构维, 这些方案仍旧属于本发明。
- 20

- 此方案的本质在于使 (一维阵列的) 线源幅度密度 (linear source-amplitude density) 或 (二维阵列的) 面源幅度密度 (areal source-amplitude density) 在遵循有效窗口或变迹函数的局部 (临近) 换能器上求平均值, 窗口或变迹函数的常规示例包括余弦、Hanning 和高斯。通常, 对于均等驱动的换能器, 它们的间隔在阵列孔径的那些部分较大, 其中变迹函数较低 (并且通常这些函数从阵列中央向阵列边缘平滑地降低)。
- 25

- 现描述一个具体的实现。 (以下我们使用表达式  $y = \text{integral}(x)$  ( $y = \text{取整}(x)$ ), 从  $a$  到  $b$ , 表示  $y$  是介于界限  $x = a$  和  $x = b$  之间的  $x$  的确定整数。)
- 30

A) 选择阵列长度  $L$  [长度单位], 定义缩放比例系数  $S = 1/L$ 。定

义按比例缩放的距离单位  $x$ , 使阵列长度取整。

B) 选择孔径加权函数, 例如  $W(x) = \cos(\pi x/2)$

C) 选择阵列中换能器的数量  $N$

D) 让编号为  $0, 1, 2, \dots, N-1$  的换能器布置在  $x = X_0, X_1, X_2, \dots$

5  $X_{N-1}$  处 [NB 是按比例缩放的距离单位]

E) 让  $A = \text{integral}(W(x))$ , 从  $x = X_0$  到  $x = X_{N-1}$ ,

即总窗口幅度; 然后, 要求在  $X_1, X_{1+1}$  的  $(N-1)$  个临近对换能器中的每对之间的孔径平均起来对于总幅度作用相等  $y(i) = A/(N-1)$ 。

F) 然后设  $X_0 = -1/2$ ; 第一换能器通过定义处于  $x = -1/2$ 。

10 G) 这样求出  $X_1$ , 以便  $y(0) = A/(N-1) = \text{integral}(W(x))$ , 从  $x = X_0$  到  $x = X_1$ 。

[注意, 对于取整窗口函数  $(W(x))$ , 这可以用分析法轻易地解出。对于更加复杂的窗口函数, 其可以更容易在数字上解出]

H) 用类似的计算求出其余的  $X_i$ , 从  $i = 2$  连续地到  $i = N-1$ , 即

15  $y(i-1) = A/(N-1) = \text{integral}(W(x))$ , 从  $x = X_{i-1}$  到  $x = X_i$ 。

I) 将发现, 对于良好的近似值  $X_{N-1} = +1/2$  即第  $N$  个换能器, 处于单位长度的阵列的末端。然后, 阵列中换能器 [长度单位] 的位置通过用  $S$  除  $X_0, X_1, X_2, \dots, X_{N-1}$  求出。

实际上发现, 可以通过定义线性参数  $R$  ( $0 \leq R \leq 1$ ) 生成其它的有效换能器间距分配, 其中  $R = 0$ , 产生均等的间距,  $R = 1$ , 产生完全不均等的间距, 如通过上述方法所计算的。首先, 加权函数  $W(x)$  用归一化变型  $W'(x)$  代替, 使得

$1 = \text{integral}(W'(x))$ , 从  $x = X_0 = -1/2$  到  $x = X_{N-1} = +1/2$ ;

同样将发现, 归一化均等或矩形加权函数  $U'(x) = 1$ , 具有特性

25  $1 = \text{integral}(U'(x))$ , 从  $x = X_0 = -1/2$  到  $x = X_{N-1} = +1/2$ ;

然后, 在上面的步骤 G) 和 H) 中, 换成使用

G) 这样求出  $X_1$ , 以便

$y(0) = 1/(N-1) = (1-R) \text{integral}(U'(x)) + R \text{integral}(W'(x))$ ,

其中向以前一样, 从  $x = X_0$  到  $x = X_1$  取整。

30 J) 用类似的计算求出其余的  $X_i$ , 从  $i = 2$  连续地到  $i = N-1$ , 即

$Y(i-1) = 1/(N-1) = (1-R) \text{integral}(U'(x)) + R \text{integral}(W'(x))$ ,

再次从  $x = X_{i-1}$  到  $x = X_i$  取整。

因此,可以通过选择  $R$  的值以便  $0 < R < 1$  为每个孔径加权函数  $W(x)$  计算这种换能器间距分配的无限族系。 $R$  的具体值为在本申请的其它地方描述的种类的应用产生特别有效的阵列结构。例如,  $R = 0.8$  与  $W(x) = \cos(\pi x/2)$  给出旁瓣能量非常宽的空间分布,具有适于同时对两个 (或更多) 听众中的每个表现不同节目的低最大峰值旁瓣幅度,但是许多其它的  $R$  值具有有效的效果,并且可以通过在计算机上执行上述算法,以及随后使用  $X_i$  的输出值用于对其它程序 (或同一程序的其余部分) 的换能器输入位置来选择,该其它程序 (或同一程序的其余部分) 模拟了这种阵列产生的束形状。

换能器非均等间距方案的不同族系具有稍微不同的特征,其基于从阵列的中央开始的连续换能器对间距的几何级数。纯几何级数 (其中,当  $j < i < -1$  时,  $(X_{i+1}-X_i)$  与  $(X_i - X_{i-1})$  的比率是一常数), 其中  $j$  是在中心或中心右边的第一换能器的数量 (即,  $j = N/2$  或  $(N+1)/2$ ), 并且其中编号小于  $j$  的换能器关于阵列中央镜像对称地布置,给出了良好的结果,并具有极大地降低第一束裙幅度以及栅格旁瓣幅度的特殊特性。再者,可以定义参数  $R$ , 其以与上述的功能上类似的方式创建了纯均等阵列间距 ( $R = 0$ ) 与非均等隔开的几何级数间距 ( $R = 1$ ) 之间的平滑混合,  $R$  在其间的所有值产生了另一无限族系的间距,其可以从中选择,以优化大多在指定应用中的束和旁瓣事件的任何特征。可以发现,非均等指数换能器间距等同于几何级数的间距。

离阵列中央一定距离的、也关于阵列中央对称的连续换能器几何级数,在另一不同族系的换能器非均等间距方案中使用。纯几何级数 (其中,当  $j < i < N-1$  时,  $(X_{i+1}/X_i)$  与  $(X_i/X_{i-1})$  的比率是一常数), 其中  $j$  是在中央或中央右边的第一换能器的数量,并且其中编号小于  $j$  的换能器关于阵列中央镜像对称地布置,也可以是有效的。再者,可以定义参数  $R$ , 其以与上述方法功能类似的方法,创建了均等阵列间距 ( $R = 0$ ) 与这种几何级数距中央一定距离 ( $R = 1$ ) 之间的平滑混合,  $R$  在其间的所有值产生了另一无限族系的间距。

同样,另一间距方案仍使用了如下形式的间距

$$(X_{i+1}-X_i) = p \log(Iq)$$

其中  $p$  和  $q$  是常数。再者,这种间距方案具有在特定条件下有效的束形状和旁瓣形状特性范围。

任何这些对近似非均等隔开阵列换能器的选择的效果在于，栅格旁瓣现在不再是全幅度（即，类似于理想主束的强度）- 可以这样降低幅度，即最大旁瓣峰值幅度至少降低 5dB，通常降低 10dB，低于信号束的幅度。因此，在这种阵列中换能器的最小可接受数量不再由阵列包络尺寸与最大允许间距的比率来操控（即  $\sim W/S \times H/S$ ），但取而代之的是，由在非常少量的换能器与可接受的信噪比之间可选择的折衷来操控（在此情况下，信号是来自所需方向的声音的可听电平，噪声是来自模糊不清的束旁瓣的声音的可听电平）。这给出了阵列设计者对平衡成本与性能的额外程度的自由度。

- 10 注意，不使用任何额外的信号处理就已经实现了阵列性能的这些改进 - 即，需要采用只是与频率无关的信号延迟，且不必给每个换能器驱动通道添加特别额外的滤波器，来实现这些益处（除了可能在某些情况下的简单幅度加权函数，该函数可以与边缘追加计算或电子电路一起执行），并因此不产生额外的成本。这尤其有利于以下情况，
- 15 即：使用阵列将不同的声音指向不同的听众，这些听众可能彼此十分靠近，这是在共同持有的专利号 WO 01/23104 中所述性能的一种特殊情况。例如，首先考虑均等隔开的阵列的情况：当希望它向沙发一端上的听众 L1 展示音频节目 AP1（可能与在沙发观看的显示在屏幕上的视频节目 VP1 有关），而利用第二声束，向也许在同一沙发另一端上的第二听众 L2 展示音频节目 AP2（可能与观看的显示在同一或另一屏幕上的视频节目 VP2 有关）时。这两个听众将对着水平面（并且通常粗略地处于同一水平级上，但是如果有一个听众例如坐在地板上可能处于不同级上）中阵列中央的某一角度  $A$ 。现在，当在 L1 指引的束包含  $F_c$  之上的频率  $F_x$ ，其中  $F_x$  的旁瓣束与主束相隔同一角度  $A$  使它指向 L2 时，则 L2 将在频率  $F_x$  以全功率听见 L1 节目的音频，并且与 L1 音频节目的  $F_x$  临近的频率处于明显但逐步降低的电平上，而这些频率越与  $F_x$  不同，则越降低该电平。这种干扰是非常扰人的。取决于具体阵列的  $F_c$  的值以及听众的角度间隔，可以存在在其同时发生的多个频率  $F_{x1}$ 、 $F_{x2}$ 、...。对比这一情况与当同一总尺寸的阵列使用精心设计的非均等换能器间距时发生的情况。现在，不存在频率  $F_x$ ，在  $F_x$ ，L1 无意听见全真程度的 L2 的节目 - 实际上即使在非均等阵列中具有明显减少的换能器（与类似规模大小的均等阵列的数量相比）情况下也是
- 20
- 25
- 30

如此，到达无意的听众的伪旁瓣电平可以被设计成 5 dB 或更低于被无意听众所觉察的电平。因此，这是一个非常有价值的性能提高，超过了更贵及更复杂的均等阵列的性能。

当使用非均等阵列用于多束环绕声的性能时，可以赢得降低旁瓣干扰的类似优势，以及在达到听众的方向间的较好间隔。

### 非均等阵列的变型

现描述非均等阵列的两个另外有利变型，其中，换能器大小非均等并且换能器位置不对称。

在上述的非均等阵列中，阵列换能器在中央紧挨着隔开且朝着阵列末端更加宽松地隔开。因此，可以在远离中央的位置安装大直径的换能器。实际上，由于间距朝着边缘逐渐增大，所以换能器直径可以朝着边缘逐渐增大。有利之处在于，大直径的换能器与小直径的换能器相比，具有增大的灵敏度和提高效率，而通常成本相同。因此，可以较少或不增加成本地提高总性能。

在目前描述的非均等的行阵列中，换能器的通常布置在于，邻近对的换能器具有逐渐增大的间隔，换能器对离阵列中央越远，间隔越大。这意欲给出关于垂直中心线对称的阵列。

如果布置在阵列中央每一侧的间距非均等的换能器不是关于中央对称，即换能器位置不是关于中央的镜像图像，则可以实现对最大旁瓣值的进一步降低（即，甚至通过非对称更多地“抹掉”这些旁瓣）。

使用先前描述的用于产生几何级数的间距的方法和非线性参数  $R$  ( $0 < R < 1$ )，该方法在中心线的每一侧中产生对称的换能器位置。可以通过使用参数  $R$  的不同数值用于中心线每一侧的换能器位置，创建非对称的非均等图案。这种情况下，中央两侧的间隔仍几何相关，但中央每侧的实际间隔值不同。

这一情况在实际中的示例如下。这是为简洁明了的描述而给出的一维的示例，但是该方法运作同样适用于二维和三维。

考虑 1m 长、具有 21 个换能器的阵列。在 19.75 KHz，在正前方（垂直于阵列）操控束，用  $R = 0.98$ ，关于垂直中心线隔开的对称的几何换能器获得了  $-90\text{deg} \sim +90\text{deg}$  的最小最大旁瓣值，其中，则最大旁瓣电平为  $-7.73\text{dB}$ 。为了没有额外的部件、阵列大小或信号处理，通过

用  $R(\text{左}) = 1.0$ ,  $R(\text{右}) = 0.41$  达到非对称的非均等间距(参见图 2I), 最大旁瓣电平降到  $-9.33\text{dB}$ , 给出了值得做的  $1.6\text{dB}$  的改进。

图 2A-H 示出了若干实现上述解决方案的可能布置, 其中, 小圆圈表示高频换能器(在权利要求中称作第一换能器), 稍大的圆圈表示低频或宽带换能器。高频换能器不能够充分输出低频音频信号。

现参照图 2A, 示出了根据本发明的第一换能器阵列扬声器系统的正面 200。

该新颖扬声器包括由 132 个小高频(HF)换能器 211 组成的阵列 210, 换能器 211 直径为  $38\text{mm}$ , 安装在  $40\text{mm}$  的等边三角形节距(pitch)上, 该三角形节距这样排列: 使三角形的底边或顶点平行于阵列的宽度。类似椭圆形的阵列包括由 17 个换能器组成的中央水平行, 其余的换能器一般以三角形栅格的形式关于此水平线对称布置, 包括由 16、15、12、9/10 和 4/6 个换能器组成的连续邻近行, 处于 17 个换能器这一行的上面和下面, 共计 132 个换能器。

因此, 将换能器布置成密集的(三角形)阵列, 其中, 换能器的中心处于中间线上, 该中间线介于上行或下行中、或其左边或右边行的两个换能器之间。每一行或每一列的换能器的数量朝着阵列的中间增加, 给出了阵列的卵形形状。

阵列 210 安装在矩形基板 201 上, 基板 201 留出用于安装四个等尺寸的低频(LF)换能器或低音喇叭 212 的拐角。低频换能器直径大约为  $105\text{mm}$ 。LF 换能器中心点间距超过  $200\text{mm}$ 。LF 换能器和 HF 换能器之间的中心点距离范围在  $85\text{mm} \sim 240\text{mm}$  之间。

基板的总尺寸为长  $734\text{mm}$ , 高  $434\text{mm}$ , 因此近似匹配一类商业上可用的电视机的大小。

直径  $38\text{mm}$  的高频换能器的  $-3\text{dB}$  的截止频率  $F_c$  近似为  $400\text{Hz}$ , 相当于截止波长为  $c/F_c = 0.86\text{m}$ 。因此, 为了减少旁瓣, 最接近的低频换能器之间的中点间距最好设成大约  $0.43\text{m}$ , 并且用高频换能器密集填充低频换能器之间的区域。

通过有效降低经过信号放大的截止频率, 可以放松对低音喇叭间距的限制, 而信号放大适于补偿高频换能器在  $F_c$  以下的响应曲线的下降。然而, 不希望的相移通过此过程被引入, 其可以称作“过度激励”。不管这些相移, 出于引入精确延迟的目的, 全部换能器的相位应当保

持可操控，以便操控从高频和低频换能器两者发射出的声音。因此，  
下述的信号处理可以包括相移或补偿滤波器，其在信号路径中引入，  
例如低音喇叭信号的信号路径。在图 2B 的变型中，低频换能器 212 沿  
位于主阵列 210 底部边缘的线安装。在此情况下，低频换能器可以形  
5 成子阵列，以便操控声音达到比图 2A 所示情况更高的频率（与换能器  
间隔有关）。

本发明的其它变型在图 2C~2J 中示出。图 2C、2D 和 2E 示出了本  
发明的高度降低的阵列 200。在每个阵列中，高频换能器 211 的阵列 210  
在水平方向上延伸，该阵列的高度远远小于宽度。每个阵列由大直径  
10 的换能器 212 在水平末端终结，换能器 212 能够只进行低频或宽带（低、  
中和高频）发送。在图 2C 和 2D 中，分别有三行和两行换能器，而图 2E  
示出了单行换能器。这种高度降低的阵列与图 2A 和 2B 示出的较大的  
阵列相比，复杂性更低，并因此更便宜，并且它们的紧凑结构使它们  
十分适于安装在电视显示屏内或靠近电视显示屏（最好在其上或其后）  
15 安装。

图 2F~2J 示出了本发明的非均等阵列的示例。高频换能器 211 的  
水平间距沿阵列 210 的长度变化，该间距朝着阵列的两端变大。图 2F  
示出了全部同样大小的换能器 211 的阵列 210，而图 2G 示出末端换能  
器由大直径的换能器 212 替代。图 2H 再次示出了全部同样大小的换能  
20 器 211，但是在此情况下，换能器直径大得不能使它们布置在一条直线  
上。在此情况下，阵列中央的 5 个换能器 213 错开，即它们垂直移位，  
而它们的水平间距保持与图 2F 和 2G 相同的距离。图 2F~2G 的布置允  
许产生高度定向的声束，而不会生成不需要的旁瓣，因此尤其利于应  
用在诸如双声道或环绕声中。

25 图 2I 示出了换能器间隔的示例，该间隔关于垂直中心线均是非均  
等和非对称的。业已发现此结构针对旁瓣降低可达到有效的额外性能。

图 2J 示出了非均等阵列，其中，换能器的大小朝着阵列的末端增  
大，从而换能器从头到尾紧挨着隔开，即使它们的间距变化。与小换  
能器相比，大换能器更加灵敏并更加有效，所以这种布置最可能提供  
30 性能的改进。图 2J 示出的换能器具有与图 2F~2H 相同的换能器之间  
的间距。

在下面，描述了该新颖扬声器的各种部件，大多数部件与已知系

统所用的部件类似或相同，并只需要采用该新颖布置。

参照图 3A，在输入 301，扬声器从诸如致密光盘（CD）、数字化视频光盘（DVD）等之类的装置中接收作为 S/PDIF 格式或其它工业标准格式的光或同轴电子数字数据流的音频源材料。此输入数据可以包含简单的双通道立体声对，或诸如 Dolby Digital<sup>™</sup>5.1 或 DTS<sup>™</sup>之类的经过压缩和编码的多通道声迹，或多个音频信息的离散数字通道。

编码和/或压缩的多通道输入采用标准音频和视频格式适用的装置和硬件首先在解码器 302 中解码和/或解压缩。还引入模拟/数字转换器（未示出），以允许对模拟输入源的连接（AUX），这些模拟输入源被立即转换为适宜采样的数字格式。由此产生的输出一般包括三对、四对或更多对通道。在环绕声领域，这些通道通常称为左、右、中央、环绕（或后）左和环绕（或后）右通道。在该信号中可能表现其它的通道，诸如低频效果通道（LFE）。

这些通道或通道每个都被供给采样速率转换器（SRC）305，其将信号转换为由内部系统时钟 304 的时钟信号数字转换同步的 48.8 KHz 和 24bit 的内部数据流。

信号流然后进入数字信号处理（DSP）级 306，其提供对换能器性能或特征的补偿、插入和上采样（up-sampling）到 96 KHz 信号流。在此 DSP 级内，还实现匹配滤波，从信号流中去除低频成分，如下面参照图 4 更详细描述的那样。

另一 DSP 级 307 对全部输入音频通道（一般为 8 个）执行消除混叠和音调操控滤波，以及过采样和内插总共八倍的过采样的数据速率，创建 8 通道的 390 kHz 的 24-位字输出采样。在此 DSP 级还执行信号限制和数字音量操控。

DSP 级包括一个或多个数字信号处理器单元。这些单元可以使用商业可用的 DSP 来实现。可替换地，部分或全部信号处理可以用以应用专用集成电路（ASIC）的形式定制的硅来实现。

一般基于 ARM（RTM）核心（core），在操控用户接口单元 303 中的微处理器，根据由用户经遥控器或接口计算机设备发送给扬声器的实时束操控设置来计算用于阵列换能器的定时延迟数据。可替换地，此定时计算可以传递给更强大的 DSP。假设扬声器能够独立操控每个输出通道（一个操控的输出通道用于每个音频通道，一般为 4~6 个），

要执行大量的独立延迟计算。此数量等于操控的输出通道数乘以换能器数。如果数字扬声器还能够动态地实时操控每条束，则还需要执行计算，不可觉察到延迟。一旦进行了计算，则延迟的要求或倍数被分配给场可编程门阵列（FPGA）308，其中，实际上使用高速静态缓冲 RAM 缓冲器 309 提供延迟，以产生施加给八个通道中每个通道的数字音频数据采样所需的延迟，为每个输出换能器（在图 2A 的实现中为 132 个）产生每个通道的离散延迟的变型。可替换地，此延迟功能可以在 ASIC 内更加成本有效地实现。操控用户界面 303 中的 ARM 核心还处理全部的系统安装和外部通信。

10 信号流进入操控高速静态缓冲 RAM 装置 309 的 FPGA 逻辑电路。

在已知设备中，24-位宽和 390kHz 的 132 个信号然后每个通过也在 DSP 级的 FPGA 308 中实现的量化/噪声整形电路，将数据采样字长降到 390kHz 的 8 位，同时利用噪声整形技术在可听频带（即，从 ~20Hz 到 ~20kHz 的信号频带）内保持高信噪比（SNR）。还可以在此级根据  
15 所需的窗口函数将权重添加给每个换能器输出。

在 13 个串行的数据流中分配具有降低了采样字长的数据流，这 13 个串行的数据流每个为 31.25 Mb/s 并包含额外的音量电平数据。每个数据流分配给 13 个驱动板其中之一。四个额外的信号流被分配给低频换能器的驱动器。

20 如图 3B 所示，优选地，驱动器电路板物理上属于它们驱动的换能器 313，为它们操控的每个换能器提供脉宽调制的 BD 类输出驱动电路 310、312。其它的功率放大器也是适用的。

对驱动电路提供的电压由低耗开关调节器 311 来改变，开关调节器 311，作为 D 类电源开关安装在同一印刷电路板（PCB）上。对于每个  
25 个 D 类开关有一个开关调节器，以最小化电源供应线相互调制。为降低成本，每个开关调节器可以用于提供双联、三联、四联或其它整数倍数的 D 类电源开关。

任何低频或宽带换能器通过将其包含在该数量的换能器 313 内并对其提供延迟的信号，可以被制成可操控阵列一部分。就象连同与 FGPA  
30 308 中的任何换能器一起计算延迟。通过这种改变，LF 换能器要么可以贡献一操控的声束，要么可以被操控，作为独立于主阵列的子阵列。

从全部输入通道中滤除低频成分，并将其添加给形成即将由四个

低频换能器发射的信号流。图 4 的基本图表示出了扬声器内的交叉或匹配滤波器。假设多通道音频信号到达，作为被分离成多种音频通道信号的编码的数字比特流，这些音频通道信号包括左 L、右 R 和中央 C 通道、环绕通道 SC（环绕或后左，环绕或后右等）以及低频效果通道 5 LFE。

因此，解码的信号形成对交叉系统 410 的输入。如图 3 所示，在适当增益调节 411 之后的  $n$  个环绕通道和 L、R、C 通道均是使用高通和低通滤波器 412、413 的频带分割，并且它们的低频成分与 LFE 信号一起添加给低频通道，以便最终通过左和右低频或低音喇叭通道 WL、WR 10 发射出，所述 WL、WR 分别将低频低音喇叭的输出并入到左侧和右侧。

图 4 所示的匹配滤波器或交叉系统 410 通常被作为上述扬声器数字信号处理单元的子部分来实现。

如果对低音喇叭以及高频换能器提供全部的音频（例如，从讲话的 70Hz 到 20KHz），则导致一些额外不需要的栅格旁瓣，开始出现在 ~ 1.3KHz 的频率（由于低音喇叭和高频换能器之间的中心间隙最长为 240mm），并且由于间隙大小的范围，在 ~ 1.3KHz 和 ~ 3.8kHz 频率之间的幅度变得更加普通和强壮。 15

通过模拟试验和经验已经发现：通过串联设置低通匹配滤波器与低音喇叭，从而开始降低 1.3KHz 周围的幅度，并几乎完全在 3.8KHz 周围截止（即在 -20dB 或更多处衰减），则可以实现阵列尺寸的一些有利的有效增大（由于添加了低音喇叭的范围），连同实现出于同一原因的辐射宽度的相关减少；以及，所产生的额外栅格旁瓣可以保持小幅度（例如，比主束 < -20dB）。 20

供给低频换能器或低音喇叭的信号绝对幅度，相当地大于供给每个高频换能器的信号电平，从而辐射的声音面的功率密度（在板 201 的平面上）在音频频带部分中近似恒定，其中低音喇叭用作主换能器阵列的面积扩展，其在本例中，可以处于 [~300 至 400Hz] 至 [1KHz 至 1.3KHz] 的范围 - 因此，需要具有大于 HF 换能器的辐射面的低音喇叭比每个 HF 换能器辐射更多的声功率；当满足此条件时，需要考虑两种 25 类型的换能器的相对灵敏度，并且也需要观察它们的功率处理能力。

再者，在本例中，基本上全部的低频功率以低于 [~300 至 400Hz] 的音频频带，供给低音喇叭（而很少或不供给 MF/HP 换能器）。在 ~1KHz 30

和 $\sim 4\text{KHz}$ 之间的发送带内, LP 滤波器连续混合少之又少的功率与逐步增大的频率, 而逐步增大的频率给出了在该频带上的束紧密性的有效增大(束宽的降低)而对阵列栅格旁瓣性能具有很小的影响。

图 4 的滤波器还可以用于从输入信号中过滤前左和前右通道, 并将其专门或不用专门地指引到低频或宽带换能器。

上述系统能够发射优质的声束, 在某些方面超过由已知较大阵列产生的质量, 已知较大阵列如例如上面参考的国际专利申请 WO 01/23104 和 WO 02/078388 中所描述的。在图 5 中, 示出了模拟的等值线图表, 其包含由已知的如图 1 所示布置的 256 换能器阵列生成的声束与如图 2A 所示本发明的阵列生成的束的强度简档。束具有 300 Hz 的频率, 并被指向阵列的正前部; 因此, 束中心的方向处于该图表的中央。图标轴是有角度的(即,  $-90^\circ \sim +90^\circ$ , 在中央为  $0^\circ$ )、水平的和垂直的。

图 5A 的等值线图表示出了使声音能量下降(例如 $-3\text{dB}$ )的第一等值线 51。束的宽度与等值线 51 两部分之间的距离成正比。在图 5B, 束由图 2A 所示的阵列生成, 没有使用那四个低频换能器。第一等值线 51 是不可见的, 表示比显示在图 5A 中的束更宽的束。在图 5C, 拐角内的四个低频换能器由与主阵列换能器驱动信号有关的强度/幅度信号 10 来驱动。此刻, 可以再次看见等值线 51 的两个分支, 例示了附加的低频换能器在变窄该束中的有益效果。双箭头 52 指示图 5C 中等值线 51 之间的距离; 相同长度的箭头在其它图表中示出, 从而允许在例示情况之间进行比较。在图 5D, 拐角内的四个低频换能器由与主阵列换能器驱动信号有关的强度信号 32 来驱动, 使阵列的两个部分的输出几乎相等。等值线 51 的两个分支再次一起都移近, 下一个较低等值线也显现出来, 指示另外的束变窄。在图 5E, 拐角内的四个低频换能器由与主阵列换能器驱动信号有关的强度信号 100 来驱动。如附加的等值线所指示的, 进一步改进束的锐度。

通过在换能器之间使用非规则间距, 并因此改变相邻换能器之间的距离或在信号路径引入窗口函数, 该窗口函数根据发出的信号频率限制阵列的大小(并因此限制发射换能器的数量), 可以进一步改进束的品质(紧密性和减少不需要的旁瓣)。

非均等间距和开窗的效果在图 6A-G 中示出, 全部附图称为长 1 m、

具有 25 个换能器的行阵列。在每张图的顶部，示出了一串实心圆圈，指示换能器的布置和间距（圆圈的大小不是成本例缩放的）。在每张图的底部，是 dB 形式的声压级（SPL）对角度的计算图表，其中零度是与向扬声器平面垂直的前向方向。

5 图 6A 示出了没有变迹（窗口）的均等阵列，6B 示出了具有变迹（窗口）的均等阵列。操控 10 kHz 的声束向右 55 度，导致右侧上的峰值 61。在此频率，全幅度旁瓣 62、63 出现在 0 度和 -50 度。在图 6A 不用窗口，主束具有多个孔径瓣的“裙”64。在图 6B，已经采用了根据本发明的余弦窗口变迹，并且“裙”已经消失。这提高了束的紧密性。

10 图 6C 示出了具有均等换能器间距的阵列，6D 示出了具有非均等换能器间距的阵列。通过 Hanning 窗口变迹将 4.5 kHz 的束向右 55 度。在图 6C 的均等阵列中，55 度的主束 61 在 -70 度具有全功率旁瓣 62。在图 6D 具有根据本发明的非均等换能器间距，已经抹掉该全功率旁瓣，产生一串幅度远远降低了的旁瓣 65。这些旁瓣在任何地方都小于主束  
15 超过 17 dB。听众几乎检测不到这种旁瓣，因此，此布置产生了对声场的改进，例如立体声、环绕声或‘双声道’应用中的声场。

图 6E 和 6F 还例示了‘双声道’应用的非均等阵列的益处，其中两个听众正在收听两个不同的音频节目。如前所述，向右操控主束（在 7.8 kHz，Hanning 窗口），在此情况为 30 度，这也许是第一听众正坐着的地方。在图 6E 具有均等换能器间距，除了主束 61 还存在全功率旁瓣 62。旁瓣 62 处于向左 30 度的方向上，其极可能围绕第二听众将坐下的地方。如果第二听众正在收听第二个、不同的音频节目（其应当由扬声器产生作为向左操控 30 度的第二声束），则他们将受到来自第一听众节目的高音旁瓣的干扰。相反，在图 6F 具有非均等阵列，不  
20 存在全功率（0 dB）旁瓣，并且在向左 30 度的第二听众位置，旁瓣 66 与主束相比低 17 dB。这几乎听不到，尤其是如果第二听众正在收听他们自己的音频节目。

图 6G 示出了信号 67（实线）和噪声 68（虚线），在 20 Hz ~ 20 kHz 的全部频率之上分开汇集。该阵列是几何隔开的非均等阵列，其中  $R =$   
30 0.73。操控主束向右 30 度。噪声电平 68 在任何地方小于主束中的峰值信号电平（示出在图 6G 的 0dB 处）超过 13 dB。因此，此换能器布置提供通过整个可听频谱的良好声音定位。

现参照图 7, 示出了用作环绕声系统的扬声器 70。它包括换能器或扬声器 71 的阵列, 该阵列具有大多数的小换能器 711 和四个大的低频换能器 712。控制该系统, 使音频输入信号作为一个或多个声束 72-1、72-2 被发出。

- 5        声束 72-1、72-2 可以被指引进入 - 在限制之内 - 阵列前面一般空间内的任意方向。通过仔细利用选定的反射路径, 听众 73 将觉察由阵列发射出的声束, 就像从它的最后反射的位置发生的或 - 更确切地说 - 从象由墙壁反射的阵列的图像, 而非不同的镜像图像。

- 10       在图 7, 示出了两个声束 72-1 和 72-2。第一束 72-1 被指向可以是房屋的一部分的侧壁 761, 并在听众 73 的方向上反射。该听众觉察此束象来源于位于反射点 77 上、位于反射点 77 后面或位于反射点 77 前面的阵列图像, 因此来源于右边。由虚线指示的第二束 72-2 在达到听众 73 之前经历两次反射。然而, 由于最后的反射发生在后部拐角, 所以听众将觉察声音象从他们后面的源发出的。

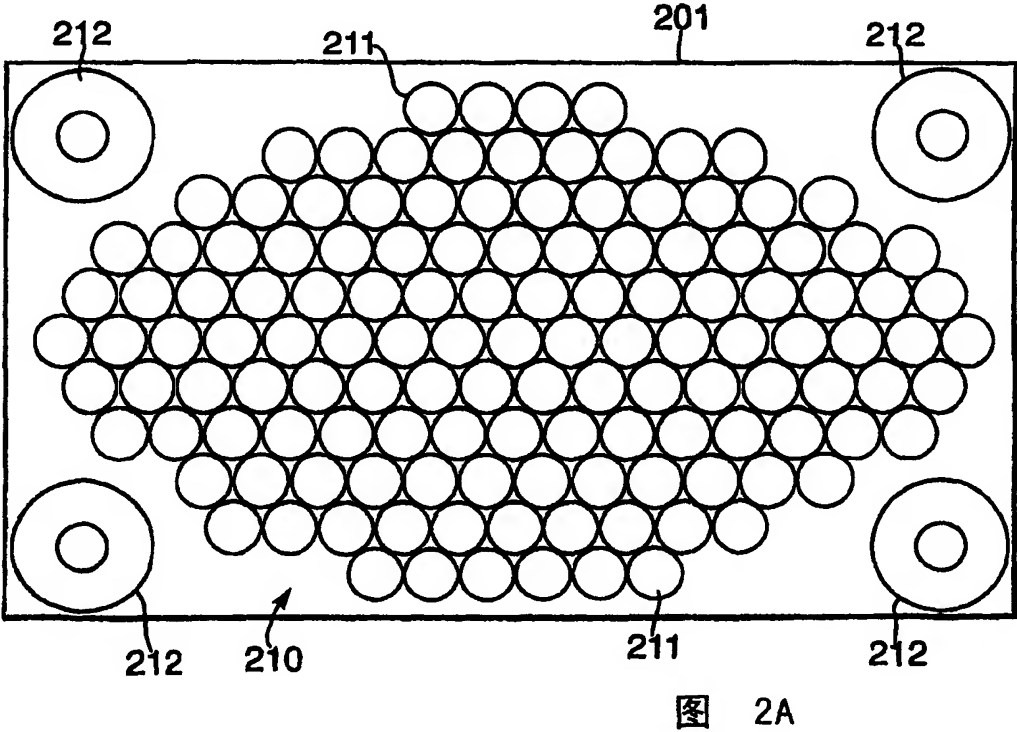
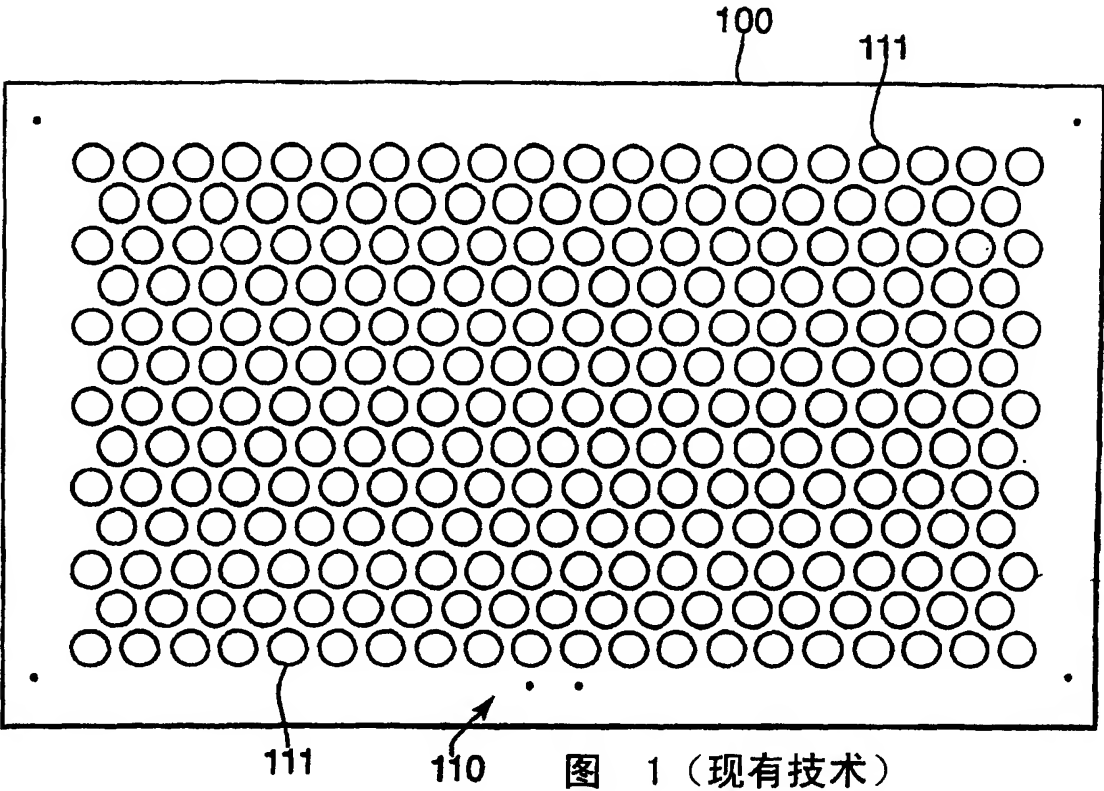
- 15       现参照图 8, 示出了用在双声道模式下的本发明的扬声器 80。扬声器 80 位于电视机 81 的下面, 例如垂直安装的平板屏幕 LCD TV (为了表达清楚, 在图 8 以透视图的形式示出)。电视机 81 正工作在多窗口模式 (还已知为画中画模式), 在屏幕的左半边 82 显示第一节目视频 1 (V1), 在屏幕的右半边 83 显示第二节目 V2。这些节目正被两人  
20       84 和 85 观看, 所示坐在位于 TV 81 前面的沙发 86 上。通过扬声器再现对应于节目 V1 的声迹 A1, 并且在坐在沙发 86 左端的人 84 的方向上操控由此产生的声束 87。实线 871 勾画出束 87 的限制。同样, 再现对应于节目 V2 的声迹 A2, 作为指向坐在沙发 86 右端的第二人 85 的声束 88。虚线 881 勾画出束 88 的限制。束 87、88 都被显示为聚焦在听众  
25       位置 84、85 的附近。在沙发 86 的该位置, 两个声束不重叠。因此, 左边的人 84 只听见对应于左边图像 V1 的声迹 A1, 而右边的人 85 只听见对应于右边图像 V2 的声迹 A2。

- 所示的扬声器 80 是本发明的一个实施例, 包括单行的非均等隔开的 HF 换能器 90 和每个末端的 LF 低音喇叭 91。通过这一布置, 不会形  
30       成全功率旁瓣, 从而无论听众 84 还是 85, 都不会受到来自另一听众节目的高幅度声音的干扰。每个听众本质上只能听见来自他们正在观看的节目的音频成分, 而音频成分承载在分别指向听众 84、85 的主音束

87 和 88 上。

显然，在本发明的范围内，其它布置是可能的。例如，听众可以分开坐，一人比另一人更靠近电视，或他们可以处于不同的垂直高度，例如一人坐着，而另一人坐在地板上或站着。在前述内容中，每个听众只接收一个音束，或‘单声道’的声音。同样，可以将两个音束指向每个听众，对应于他们正在观看的节目的立体声左和立体声右的信号。在此情况下，立体声左束应当刚好指向听众位置的左边，而立体声右束应当刚好指向听众位置的右边。同样，每个听众可以接收对应于他们正在观看的节目的后部声束。而且，前述内容描述了用于两个听众的布置；然而，显然对于该扬声器，可以为围绕收听区域排列的三个或更多听众提供独立的音束。最后，在图 8 中示出的扬声器 80 与电视 81 分开。取而代之的是，它可以并入电视 81 内，形成组合式音频-视频播放单元。

虽然存在对应当放置的扬声器的多种用途，但特别有利之处在于，代替采用多个布置在听众位置周围的独立扬声器的传统环绕声系统。通过为环绕声音频信号的每个通道生成多个束，并操控那些束进入适当的方向，数字扬声器在听众位置创建了真实的环绕声，而不用其它的扬声器或额外的连线。



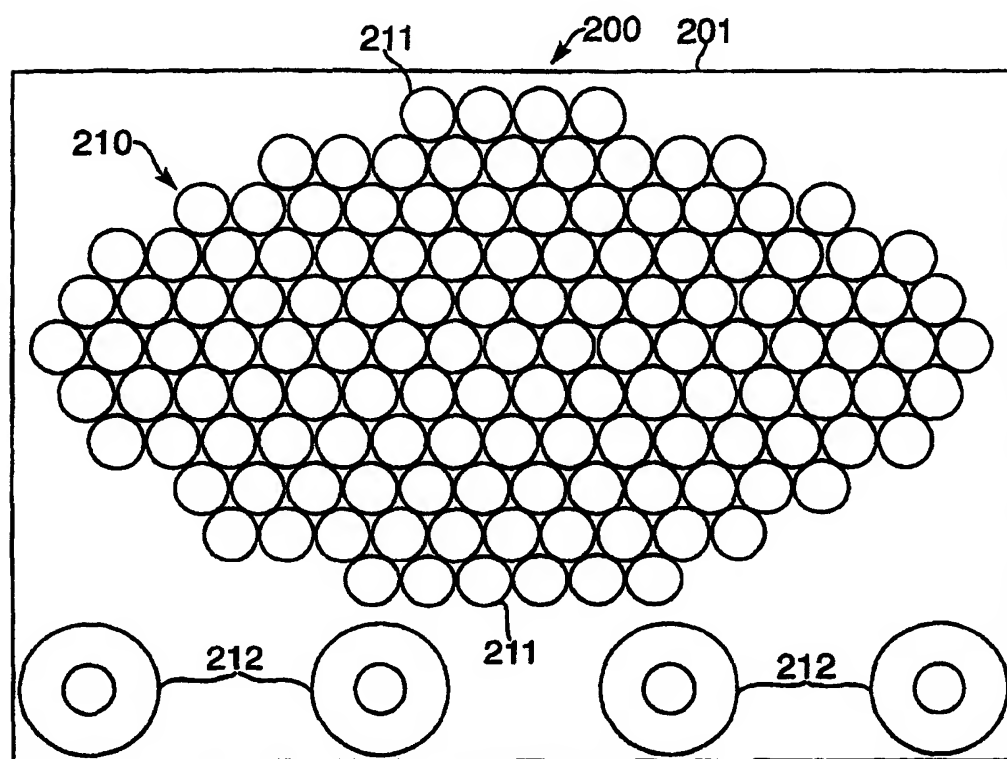


图 2B

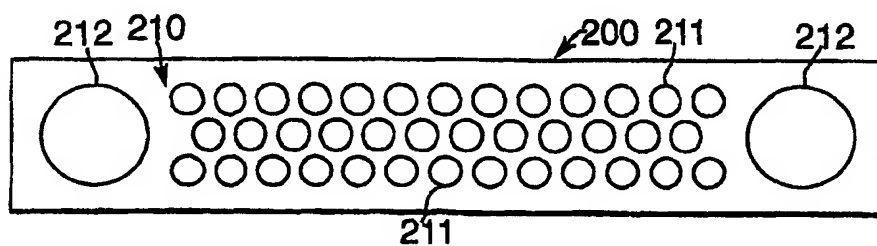


图 2C

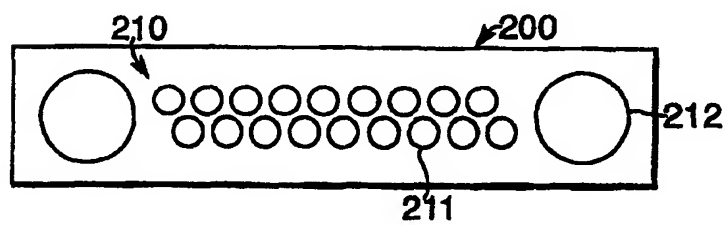


图 2D

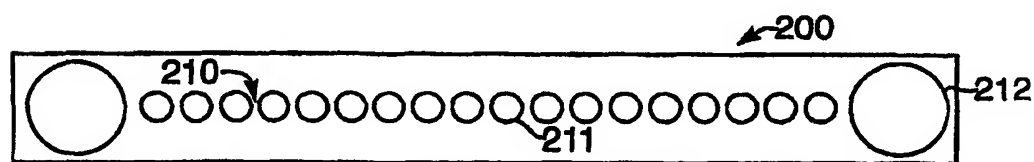


图 2E

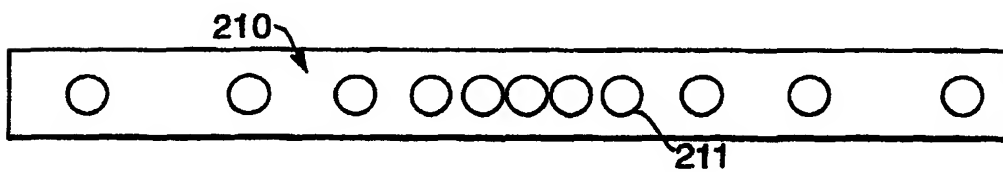


图 2F

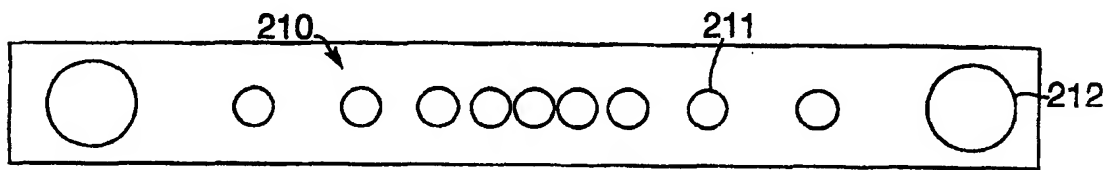


图 2G

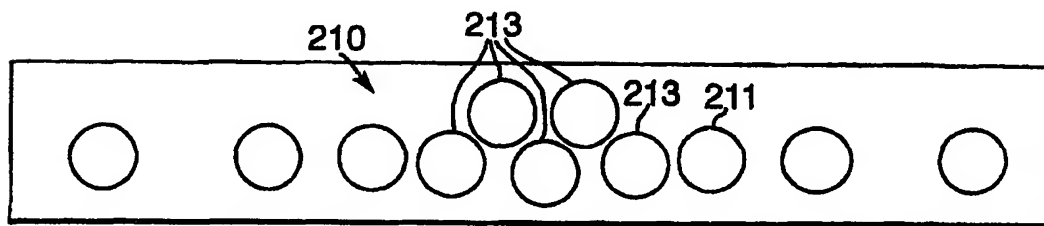


图 2H



图 2I

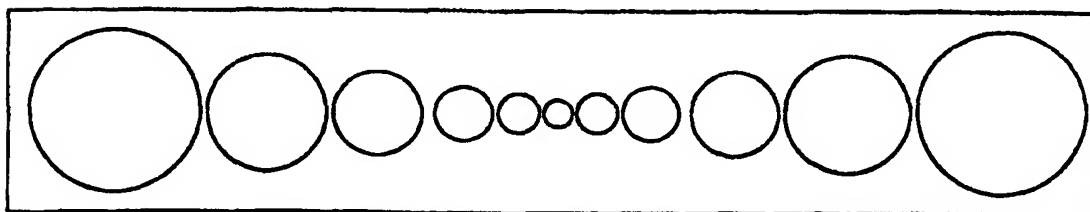


图 2J

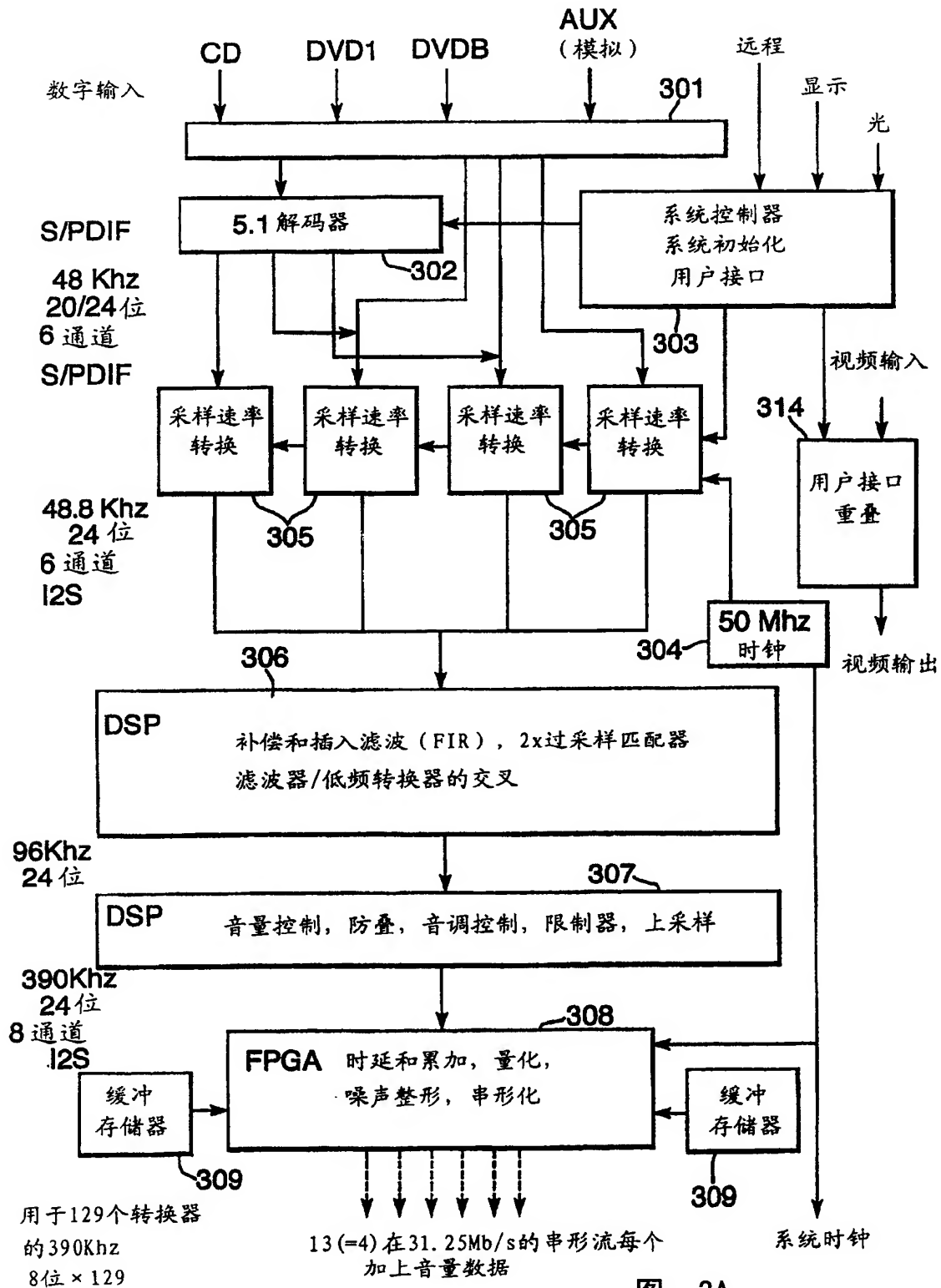


图 3A

(接图 3A)

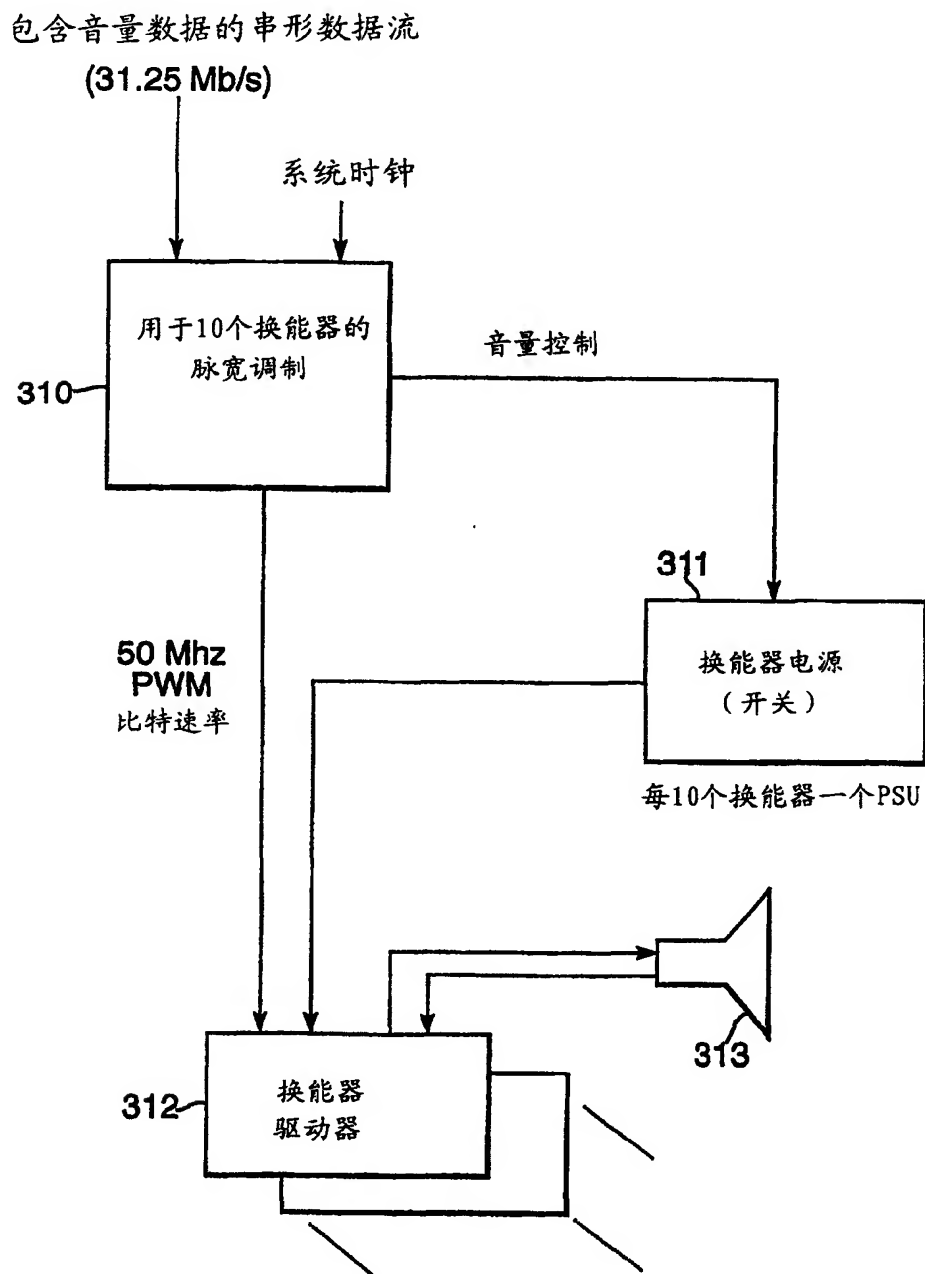


图 3B

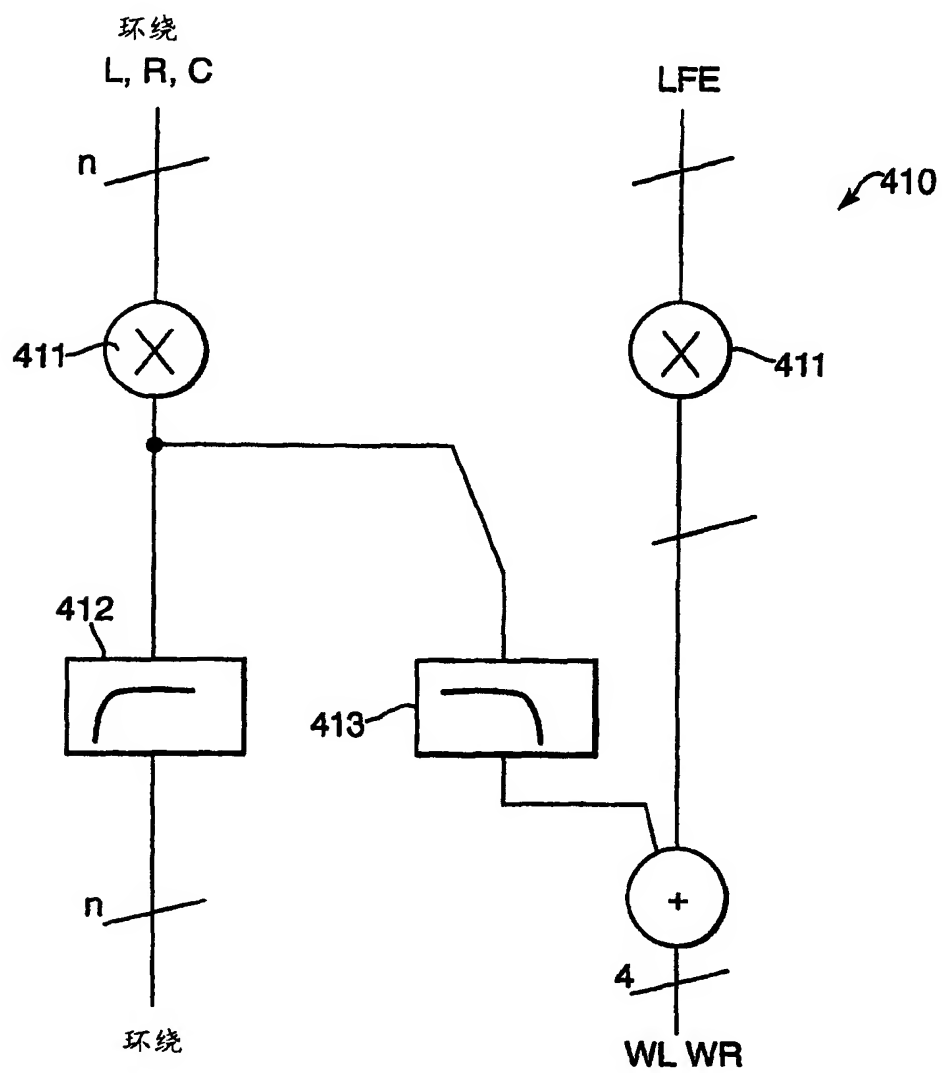


图 4

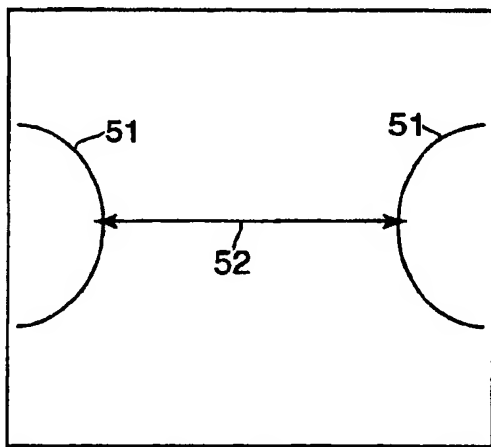


图 5A

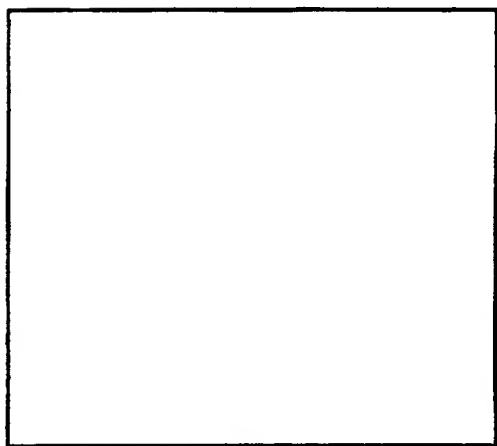


图 5B

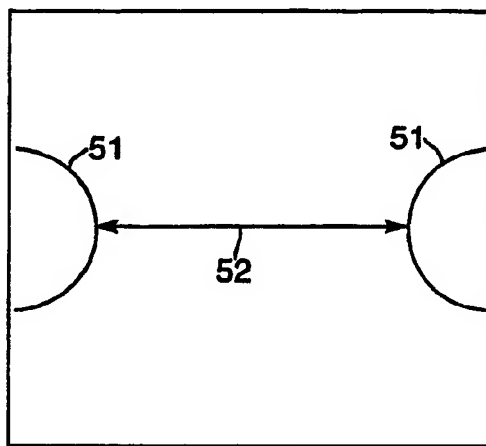


图 5C

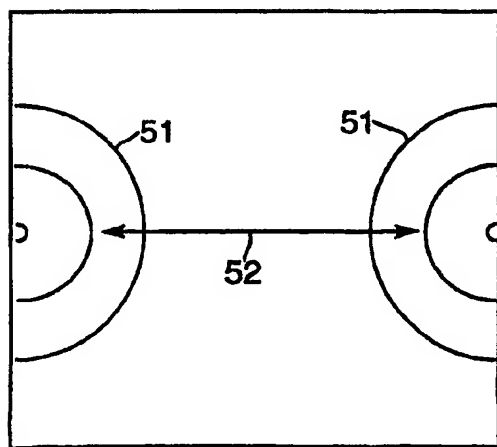


图 5D

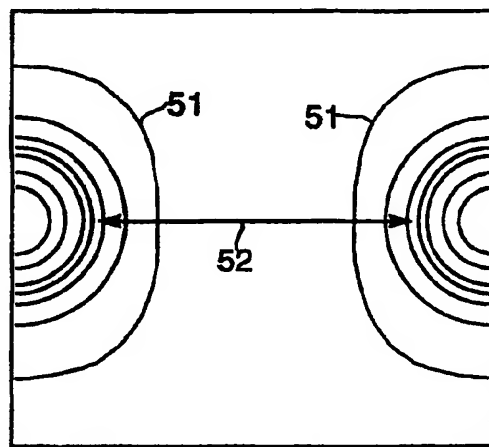


图 5E

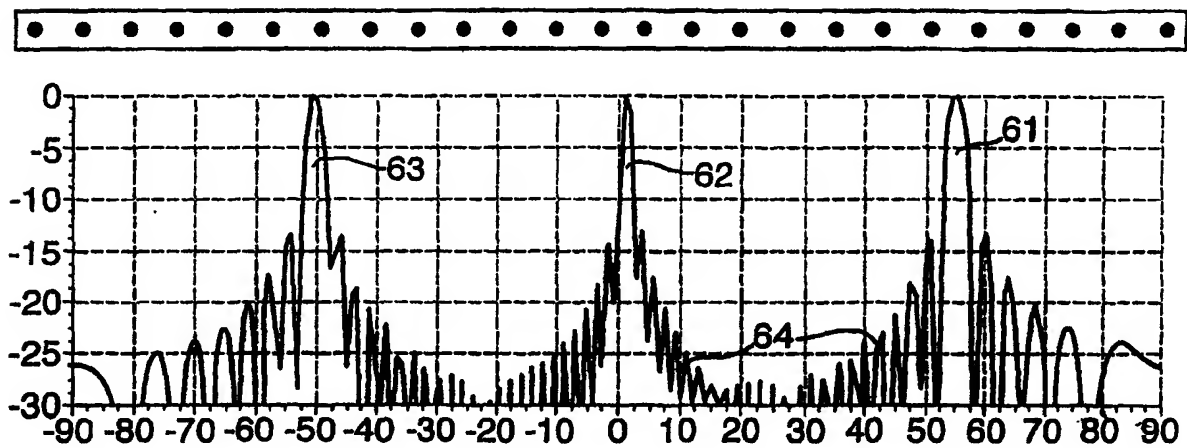


图 6A

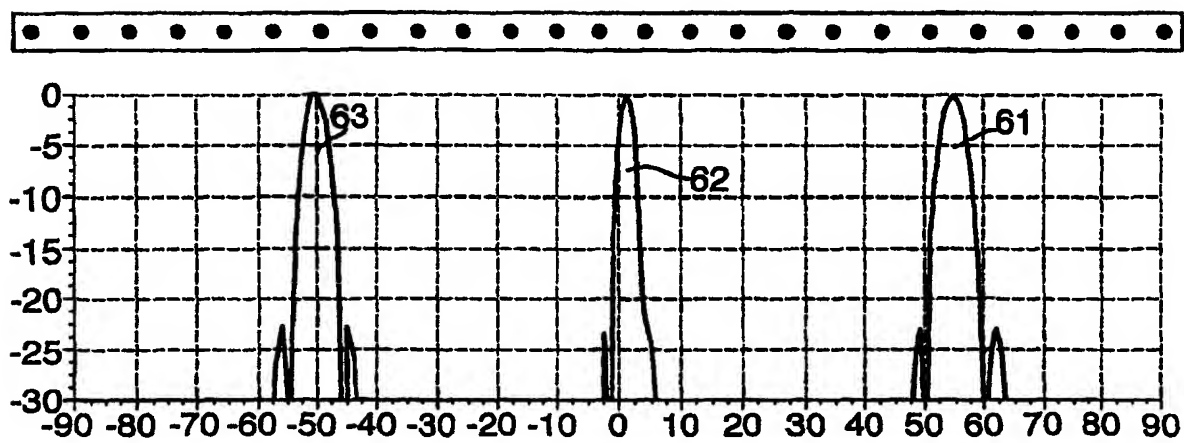


图 6B

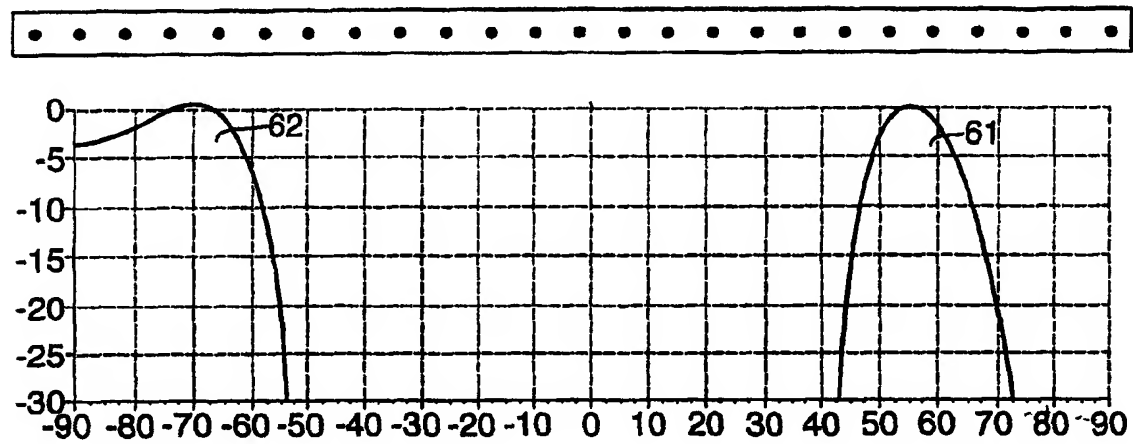


图 6C

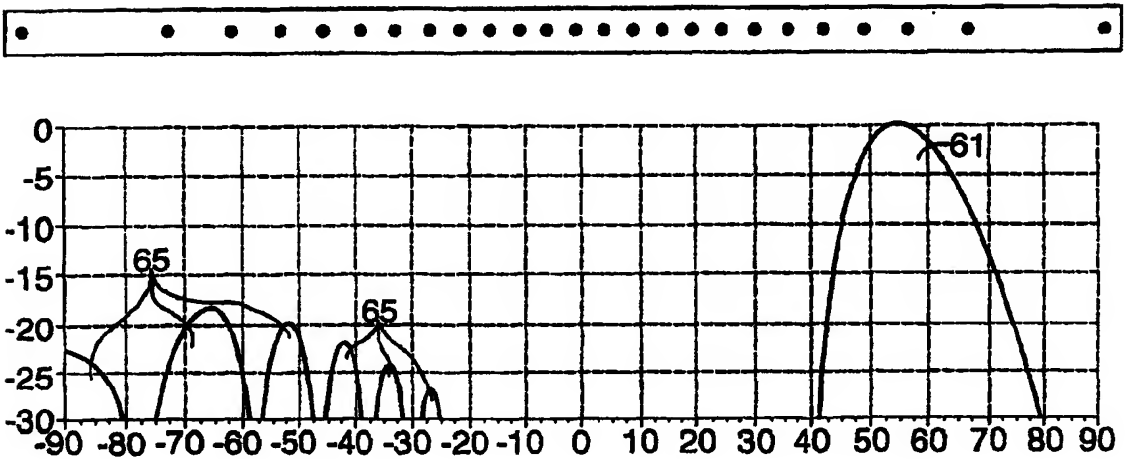


图 6D

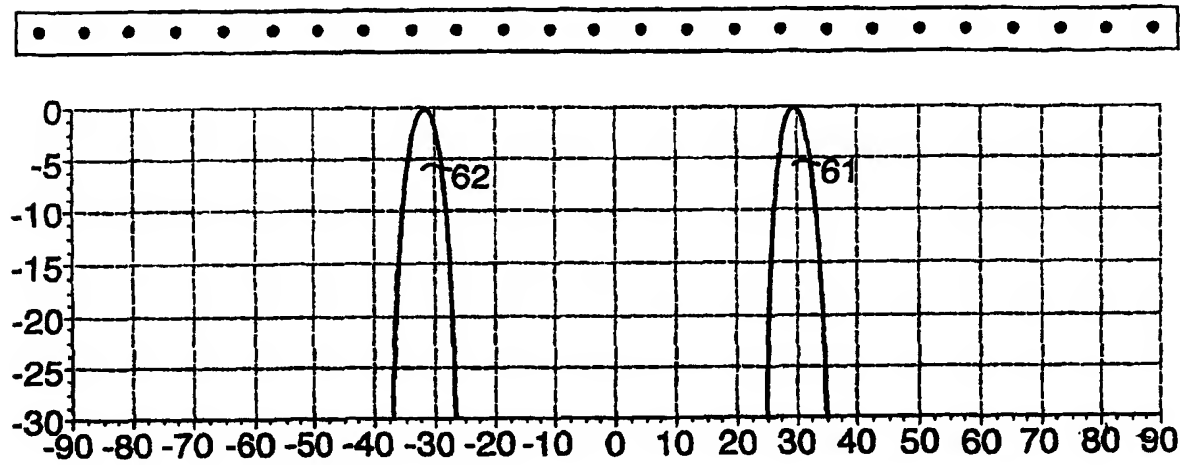


图 6E

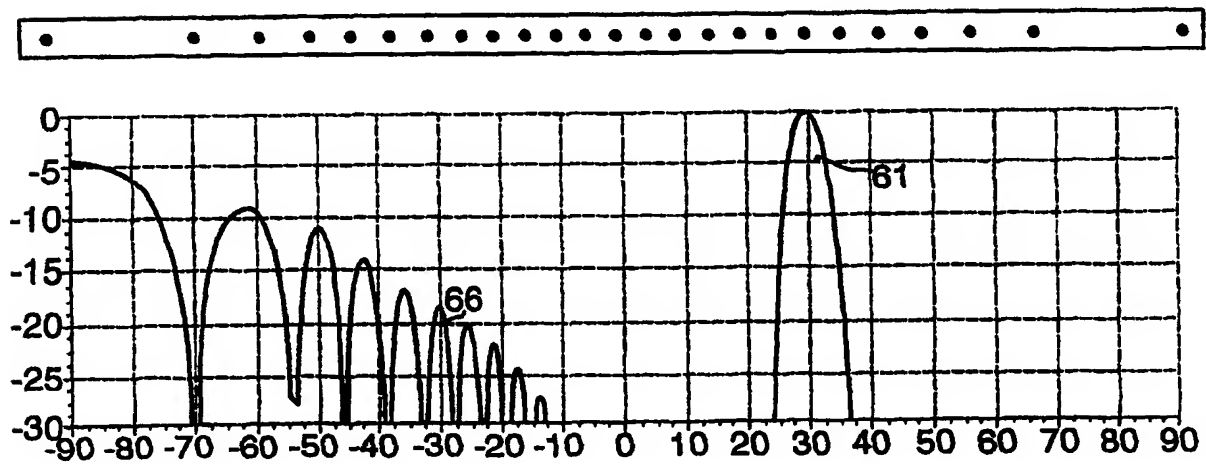


图 6F

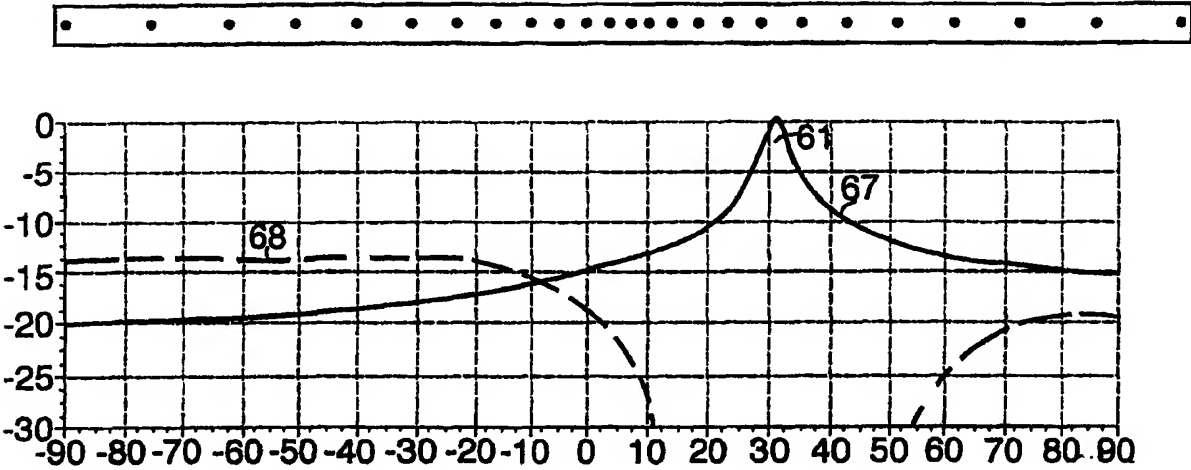


图 6G

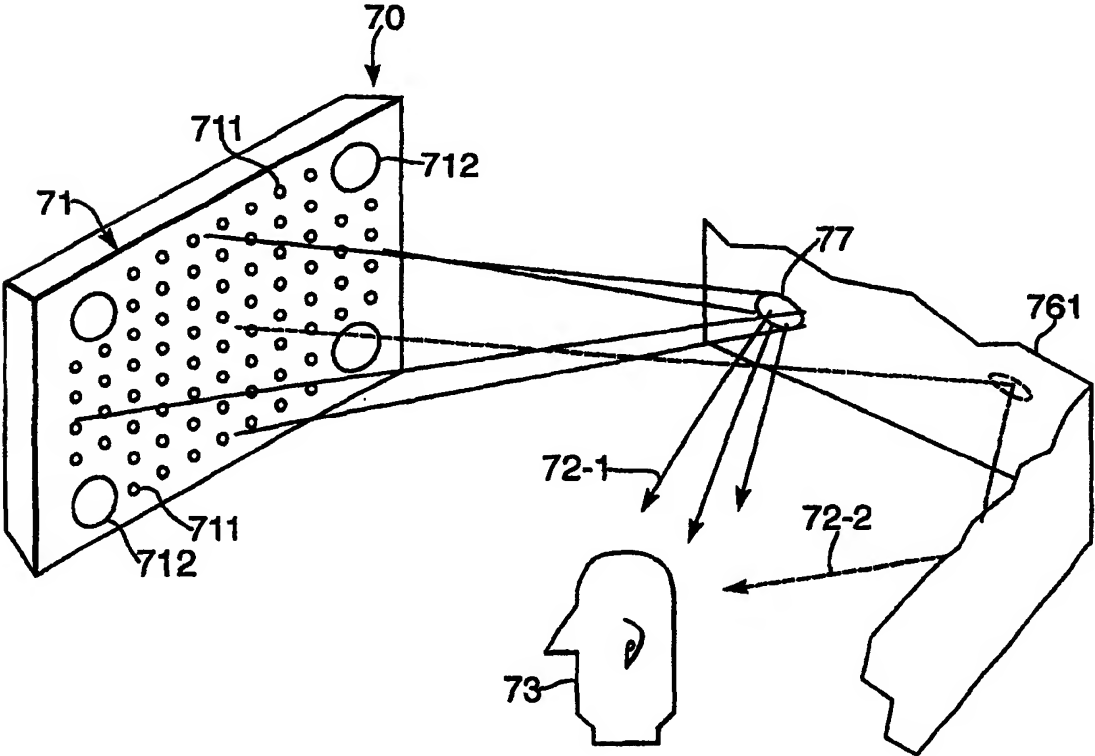


图 7

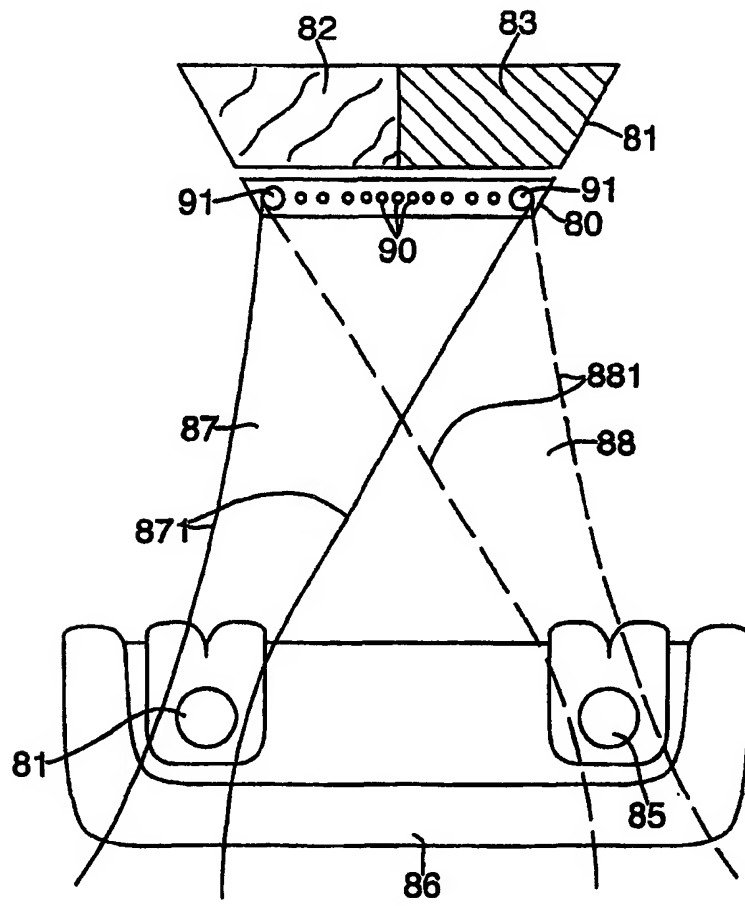


图 8